LEZIONI ELEMENTARI

# DI ASTRONOMIA

*AD USO*

DEL REAL OSSERVATORIO DI PALERMO

TOMO PRIMO.

PALERMO DALLA STAMPERIA REALE

1817

S. R. M.

*SIRE*

*Il grazioso comandamento della M. V. che mi chiama in cotesta Capitale nelle circostanze di darsi compimento al Real Osservatorio, fa ch' io prenda animo ad umiliarle il solo primo volume delle mie Lezioni di Astronomia, le quali aveva divisato consecrarle, quando ne fosse compiuta la stampa. La distinta benignità con che la M. V. si degnò accogliere i primi frutti delle osservazioni da me fatte in questa Specola, al cui stabilimento e direzione fui graziosamente prescelto dalla M. V., mi conforta a sperare, che sia per venire non disaggradevole al Reale Animo Vostro questo lavoro, tenue bensì, ma diretto a facilitare a' Giovani lo studio di una scienza protetta sempre, e con larghe munificenze incoraggiata dalla Maestà Vostra.*

*Non so se io possa nutrire uguale lusinga di ottenere il Sovrano compiacimento nell' adempiere gl' incarichi, che mi saranno or commessi: ma certamente mi studierò con tutta la sollecitudine e attività, comportabile alla provetta età mia, di farmene meritevole.*

*Pieno del più alto rispetto e attaccamento, le bacio ossequiosamente le mani, e ho l' onore di essere.*

*Della R. M. V.*

*Umilissimo fedelissimo servo*
*Giuseppe Piazzi.*

# PREFAZIONE

Allorchè mi fu affidata la direzione di questo Osservatorio, e l' incarico di guidare la Gioventù studiosa alla cognizione delle cose astronomiche, divisai e disposi quel corso di lezioni, che mi parve il più acconcio all' uopo. In ragione de' progressi che da quel tempo in poi si sono venuti facendo in questa scienza, non ho trascurato d' inserirvi di tratto in tratto opportune aggiunte, particolarmente dopo la pubblicazione dell' insigne opera *Astronomie Theorique et Pratique* del Cavalier Delambre. Nel far ciò ad altro non ho mirato mai, che alle private istruzioni, che regolarmente si danno entro le domestiche mura dello stesso Osservatorio; nè mi era caduto in animo di scrivere per il Pubblico, scrivendo per i miei soli discepoli. Ma così è avvenuto mercè l' autorità del Supremo Magistrato degli Studj, che accogliendo graziosamente e secondando le premure de' Giovani studiosi, ha voluto che tali scritti siano impressi e dati in luce. Eccoli pertanto quali essi sono, non quali vorrei che fossero; a me basta che riuscir possano di qualche giovamento alla Gioventù, cui sono unicamente destinati.

Divido queste mie lezioni in due parti, Astronomia, e sue Applicazioni. I due volumi che ora si danno insieme non contengono che l' Astronomia, e di questa sola verrò quì brevemente parlando. L' ho ripartita in sette libri, quanti sono i principali argomenti e capi, in cui naturalmente si risolve. Il primo è destinato a dare quella idea del Cielo, che si acquisterebbe da chi sfornito di ogni cognizione, si facesse per la prima volta ad osservarlo e considerarlo. Dalla sua grandezza pertanto e dalla moltiplicità degli oggetti, che ci presenta, ne con-

chiudo da principio la necessità di dividerlo in varie parti e maniere, e di trasportare sulla terra queste divisioni medesime; indi esamino partitamente Stelle, Sole, Luna, Pianeti; i quali con velocità diverse aggirandosi intorno alla terra, naturale si è, che dessa si supponga quale centro comune di altretante sfere, nelle quali sono essi collocati, cioè in una medesima le Stelle, le di cui rispettive distanze si conservano sempre le stesse, e in diverse il Sole, la Luna, i Pianeti. Dalle ombre che nel meriggio manda una torre, un muro, uno stile, risalgo alla strada che descrive il Sole, al tempo che v' impiega, e ne deduco più altre conseguenze: così via via di cosa in cosa vengo spiegando, come giungerebbe un Osservatore isolato, e senza altro soccorso che quello de' proprii occhi, da se solo, alle cognizioni cui giunsero i Greci, e ne darebbe a un di presso le spiegazioni che essi ne immaginarono; le quali, secondo che cadono in acconcio, aggiungo in forma di note. Per tale maniera questo primo libro offre e un prospetto generale de' principali fenomeni celesti, e un compendio della storia dell' Astronomia antica, da cui passo nel secondo libro ai principj fondamentali della moderna. E poichè, secondo il piano d' istruzione addottato in questo Osservatorio, si suole da bel principio esercitare la Gioventù nell' osservazione e nell' uso delle diverse tavole astronomiche; oltre della descrizione degli stromenti, misura e divisione del tempo, rifrazioni e problemi diversi relativamente al Sole e alle Stelle; ho creduto convenevole di dare un idea ancora della aberrazione, della nutazione e della paralasse. Il terzo è interamente consagrato alle stelle: variazioni in Ascensione retta e in declinazione, dovute alla precessione degli equinozii e alla nutazione, colle loro formole e dimostrazioni; variazioni dipendenti dall' aberrazione della luce e loro formole; variazioni per ragione della paralasse annua; movimenti proprii e modo di de-

terminare nello spazio il punto verso cui si moverebbe il sistema solare, se da esso venissero cotali movimenti; cataloghi e loro costruzione; in fine caratteri generali delle Stelle; tutto ciò si è raccolto in questo libro, onde più non si abbia a ritornare sù questo argomento. Le cose fin quì dette sono le basi e il fondamento del sistema solare, che spiego nel quarto e quinto libro. Nel quarto discuto le diverse apparenze de' Pianeti, veduti dal Sole e dalla Terra, e cerco come da queste si possa risalire a quelle, che sole ci possono far conoscere le leggi, secondo cui si muovono, determinarne gli elementi delle orbite, e finalmente guidarci al principio generale dell' attrazione, da cui tutto dipende. Il quinto contiene l' applicazione di questi principj a ciascun Pianeta in particolare, e siccome essi si dividono in primarii e secondarii; così ho diviso il libro in due parti, esponendo nella prima quanto si appartiene a quelli, e nella seconda quanto è proprio di questi, con un quadro in fine dell' intero sistema. Gli ecclissi di Sole, di Luna, le occultazioni delle stelle, e i passaggi di Mercurio e Venere sul disco del Sole, non si potevano pienamente esaminare e discutere, se i movimenti dei Pianeti, dai quali dipendono cotai fenomeni, non fossero prima ben conosciuti e stabiliti. Nel sesto libro pertanto si dà quanto vuolsi sapere per predirli, prepararsi a osservarli, calcolarli colla maggiore esattezza, e dedurne le opportune conseguenze. Le Comete finalmente, le di cui apparenze sono sì diverse da quelle de' Pianeti, e soglionsi trattare in modo diverso, formano l' argomento del settimo e ultimo libro. In esso, premessi i principali fenomeni, che ci offre questa singolar specie di corpi; considero il loro movimento in archi parabolici, e ne cerco gli elementi 1.° colle osservazioni che si farebbero dal Sole; 2.° colle reali che si fanno dalla terra; convertendo queste in quelle, o sia le osservazioni *geocentriche* in *elio-*

*centriche* col metodo di approssimazione proposto dal Cav. Delambre, per avventura di tutti il più facile, e insieme sufficientissimo all' uopo. Applico in fine questo metodo alla Cometa del 1792, e ne do minutamente tutte le parti del calcolo.

Nel trattare ciascuna di queste materie ho sempre tenuta la strada, che mi è paruta più facile e più piana, comunque talvolta meno elegante. Gli articoli, ne' quali è diviso ogni libro, generalmente gli ho suddivisi in problemi, onde con più facilità si distingua cosa da cosa, e se ne vegga il nesso e si ritenga; per ciascun problema non do in generale che una sola soluzione, la meno complicata, e accompagnata da esempio, che ne faciliti l' uso e l' intelligenza; ho evitati i salti, le digressioni, e sempre ho tenuto quel miglior ordine che mi è stato possibile. Non ho supposte cognizioni nelle matematiche pure, nè superiori a quelle che si danno in questa nostra Università, ne diversamente insegnate. Il metodo de' piani ortogonali, per cui ogni questione si riduce ad equazioni di ordinate e coordinate, e che oggi estendere si vorrebbe ad ogni sorta di quantità, mai si è da me impiegato e nè tampoco accennato. Questo metodo utilissimo nella Meccanica Celeste, e in generale ne' problemi ne' quali si considerano le forze ne' loro più estesi e moltiplici rapporti, utilissimo ancora nell' applicazione dell' Algebra alla Geometria, e di questa alle arti, non sembra che in alcun modo si convenga all' Astronomia elementare; la quale da sì gran tempo è in possesso della Trigonometria sferica, suo proprio e natural linguaggio, fondato sull' aspetto stesso del Cielo, e da cui in facili formole si svolgono tutt' i casi, che possono presentarsi. Coi piani ortogonali ad ogni passo è necessario di costruire l' edifizio da capo; tenere sempre presenti all' immaginazione punti e linee, che non sono che nell' immaginazione istessa, e passare per continue operose trasforma-

zioni e riduzioni, per ritornare infine ove dritto ci mena la Trigonometria sferica; come può vedersi in più problemi risoluti nelle due maniere dal Signor Biot e da altri.

Dall'ordine che ho dato a queste mie lezioni, nonmenochè dal modo, come ho creduto si convenisse presentarle, è facile a vedere, che dell'Attrazione generale non poteva, siccome ho fatto, che accennarne que' risultati, che sono più essenzialmente connessi colla pratica, mio primo e principale oggetto, e riguardo al quale ho procurato di nulla ommettere di quanto è proprio dell' Astronomo Osservatore. E veramente, come riflette il Cav. Delambre, osservazioni e calcolo sono per avventura la migliore, anzi la sola cosa, che oggi possa farsi in Astronomia; la di cui macchina, già posta in moto, regolarmente cammina, nè di altro ha mestieri che di essere di continuo osservata e esaminata, notandone i piccoli deviamenti, e così apprestando materiali, per cui si possa un giorno, se uopo sarà, rimontarla di capo. Ma se vi volle un Keplero per rinvenirne le leggi, un Newton per conchiuderne il principio, e un Laplace, che ne ordinasse le parti; un solo Genio non inferiore a questi potrà novamente porvi la mano.

# INDICE

Delle materie contenute in questo Volume.

***

LIB. III.

| Pag. | lin. | ERRORI | CORREZIONI E ADDIZIONI |
| --- | --- | --- | --- |
| 8 | 18 | O, che si suppone in mezzo | F, che si suppone in mezzo |
| ib. | 20 | ed H a lui opposto | e il punto opposto |
| 19 | 19 | 6,276 | 6,277 |
| ib. | 21 | log. 6,276 | log. . . 6, 277 |
| ib. | 33 | ai 24 Settembre | ai 21 Settembre |
| 21 | 1 | ART. IX. | ART. X. |
| 23 | 1 | ART. X. *Degli Equinozj, Solstizj ec.* | *Si tolga; e il paragrafo 34 e seg. si unisca all' articolo precedente.* |
| 42 | 9 | $hyz$ dell' orbita sua, | $hrz$ dell' orbita sua, |
| 43 | 9 | nell' orbe suo $muq$. | nell' orbe suo $mnq$ |
| 53 | 7 | $\overline{DC}^2 = \overline{AC}^2 - 2CD.AD + \overline{AD}^2$, | $\overline{DC}^2 = \overline{AC}^2 - 2\,AC\,.\,AD + \overline{AD}^2$ |
| | | e $AD^2 = AB\,.\,\cos.\,A$ | e $AD = AB\,.\,\cos.\,A$. |
| 60 | 26 | de' minuti e secondi. | de' minuti o secondi |
| ib. | 29 | un numero $m$ | un numero $\frac{m}{p}$ |
| 61 | 1 | $\frac{300'}{5} - 1$ | $\frac{300''}{5} - 1$ |
| 74 | 19 | Sia A B | Sia A B (*fig.* 27) |
| 78 | 14 | $m = 1 - \left\{\frac{n^2r^2 + mr.\cot.a.R}{2R^2}\right\}$ | $m = 1 - \left\{\frac{n^2r^2 + 2.\,n.\,r.\,\cot.a}{2R^2}\right\}$ |
| | | $= 1 - \left\{\frac{n^2r^2}{2R^2} + \frac{mr.\cot.a}{2R}\right\}$ | $= 1 - \left\{\frac{n^2\,r^2}{2R^2} + \frac{n.\,r.\,\cot.\,a}{R}\right\}$ |
| ib. | 15 | $n = 2R\left\{\frac{r.\cot.\,a - r'\cot.\,a'}{r^2 - r'^2}\right\}$ | $n = 2R\left\{\frac{r.\cot.a - r'\cot.\,a'}{r'^2 - r^2}\right\}$ |
| ib. | 27 | 9. 8487204 | 9. 8487304 |
| ib. | 29 | 0,7964203 | 0,7964218 |
| ib. | ib. | 9. 203580 | 9. 203578 |
| ib. | 30 | 1,737220 | 1. 737218 |
| 79 | 23 | dei barometri, ed inversa del | dei barometri, e del |
| ib. | 26 | a l' altezza | a l' altezza |

Pag. lin.
83 . . . . . . . . . . . . . . . *Si aggiunga la seguente Tavola*

*Tavola de' fattori della rifrazione media per convertirla in vera .*

| Termometro \ Barometro | $29.^{P}\ 0$ | $29.^{P}\ 5$ | $30.^{P}\ 0$ | $30.^{P}\ 5$ |
|---|---|---|---|---|
| 25 | + ,045 | + ,063 | + ,081 | + ,099 |
| 30 | + ,031 | + ,049 | + ,067 | + ,085 |
| 35 | + ,018 | + ,030 | + ,053 | + ,071 |
| 40 | + ,005 | + ,022 | + ,040 | + ,057 |
| 45 | − ,008 | + ,009 | + ,026 | + ,044 |
| 50 | − ,020 | − ,003 | + ,014 | + ,030 |
| 55 | − ,032 | − ,016 | + ,001 | + ,018 |
| 60 | − ,044 | − ,028 | − ,011 | + ,005 |
| 65 | − ,056 | − ,039 | − ,023 | − ,007 |
| 70 | − ,067 | − ,051 | − ,035 | − ,019 |
| 75 | − ,07[illegible] | − ,062 | − ,046 | − ,030 |
| 80 | − ,089 | − ,073 | − ,057 | − ,042 |
| 85 | − ,099 | − ,084 | − ,068 | − ,052 |
| 90 | − ,109 | − ,095 | − ,079 | − ,063 |

| Pag. | lin. | | |
|---|---|---|---|
| 84 | 9 | non siauo ridotte | non siano ridotte |
| ib. | 31 | della terra , | della terra (*fig.* 28 ) |
| 85 | 8 | *c* R *d* | *c* R'' *d* |
| 83 | 9 | sen. C R' O | sen. C R'' O |
| ib. | 10, 13, 14 | sen. $\frac{\varrho}{\delta}$ | *si facci sempre* $\frac{\varrho}{\delta}$ |
| 89 | 30, 31 | in longitudine | in latitudine |
| 90 | 5 | Sia C | Sia C (*fig.* 30 ) |
| 93 | 1 | dunque di 1'',1,5 | dunque di 11'',5 |
| 97 | 2, 3 | e deteminata la legge | e determinata la legge |
| 98 | 19 | Quando | Quanto |
| 102 | 13 | 3'. 56''. 35''',3 | 3'. 50''. 35''',3 |
| 106 | 13 | $\frac{\text{cos. Z S}}{\text{sen.ZP.sen.PS}} \mp \frac{1}{\text{cot.ZP.cot.PS}}$ | $\frac{\text{cos. Z S}}{\text{sen.ZP.sen.PS}} \mp \text{cot. ZP.cot.PS}$ |
| 118 | 32 | N O . . . sen. P $\nu$ | N O . . . sen. P L |
| 120 | 15 | la differenza tra li passaggi | la differenza tra le differenze dei passaggi |
| 126 | 5 | ( *fig.* 37 ) | ( *fig.* 33 ) |
| ib. | 6 | P B , P C . . . ed M S | P E , P Q . . . ed M N . |

| Pag. | lin. | | |
|---|---|---|---|
| ib. | 8 | da S in M | da N in M |
| ib. | 9 | sen. P M : M S : : R : B C | sen. P M : M N : : R : E Q |
| ib. | 11 | l' arco B C | l' arco E Q |
| ib. | 19 | M S in B C | M N in E Q |
| ib. | 20 | moltiplicare B C | moltiplicare E Q |
| 131 | 21 | $\frac{\text{sen. S L}}{\text{sen. E L}}$ | $\frac{\text{sen. S L}}{\text{sen. E S}}$ |
| 133 | 1 | $2 \,.\, \text{tan.}\, \omega \,.\, \text{sen.}^2 \frac{1}{2} v$ | $2 \,.\, \text{tan.}\, \omega \,.\, \text{sen.}^2 \frac{1}{2} x$ |
| 144 | 7 | e tan. S E | e tan. L E |
| 152 | 2 | l' angolo S Q' | l' angolo Q S Q' |
| 159 | 28 | *precisione assoluta* | *precessione assoluta* |
| 161 | 26 | $\frac{\text{sen. E}}{\text{sen.PE.cot.ES}-\text{cos.PE.cos.ES}}$ | $\frac{\text{sen. E}}{\text{sen.PE.cot.ES}-\text{cos.PE.cos.E}}$ |
| 169 | 33 | il nodo sarà in C | il polo sarà in C |
| 170 | 23 | Problema VI. | Problema IV. |
| 171 | 28 | $\frac{\frac{1}{2} \,.\, \text{sen. } 9'' \,.\, \text{sen. } \omega \,.\, \text{cos. } \Omega}{\frac{1}{2} \text{ sen. } (\omega' + \omega)}$ | $\frac{\frac{1}{2} \text{ sen. } 9'' \,.\, \text{sen. } \omega \,.\, \text{cos. } \Omega}{\text{sen. } \frac{1}{2} (\omega' + \omega)}$ |
| ib. | 29 | $= \text{sen. } 9'' \text{ cos. } \Omega$ | $= 9'' \,.\, \text{cos. } \Omega$ |
| 172 | 7 | $= - \text{ sen. } \Omega \text{ cot. } \omega$ | $= - 9'' \,.\, \text{sen. } \Omega \,.\, \text{cot. } \omega \,.$ |
| 174 | 12 | al doppio cosseno | al coseno del doppio |
| ib. | 19 | i due assi dell' ellisse | i due semiassi dell' ellisse. |
| ib. | 33 | o sia tan. $\Omega$ : tan. $\Omega$ : : | o sia tan. $\Omega$ : tan. $\Omega'$ : : |
| 176 | 11 | $- \text{ cos. } \Omega \text{ cos. A} \,.\, \text{tan. } \Omega'$ | $- m \,.\, \text{cos. } \Omega \,.\, \text{cos. A} \,.\, \text{tan. } \Omega'$ |
| 182 | 25 | $= 9.^s\ 35.^o\ 33'$ | $= 9.^s\ 25.^o\ 33'$ |

195 ult. *Gli argomenti della parte inferiore delle Tavole per l' Aberrazione si correggano come siegue :*

| *Gra.* | − + | − + | − + | + − | + − | + − | − + | − + | − + | *Gra.* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | XI. V. | X. IV. | IX. III. | XI. V. | X. IV. | IX. III. | XI. V. | X. IV. | IX. III. | |

| Pag. | lin. | | |
|---|---|---|---|
| 196 | ult. | $9.^o\ 10.^s\ 1'$ | $9.^s\ 10.^o\ 1'$ |
| 202 | 21 | *delle due parallassi* | *delle parallassi* |

210 *In fine del §. 69 si aggiunga* : . . . . . . . . . . . . . . . .

Il dubbio pare risoluto. Il sagacissimo Sig. Carlini nel corso del 1816 da alcune sue osservazioni comparate con quelle di Cacciatore, e quasi contemporanee alle medesime, molto accortamente ne ha conchiuso, che le differenze di queste ne' tempi diversi dell' anno, anzichè a variazioni della Stella, debbansi piuttosto attribuire a qualche rifrazione azzimutale o a qualche movimento periodico giornaliero del Cannocchiale meridiano. Io inclino a questa seconda spiegazione in preferenza della prima. Poichè in tempi diversi così dell' anno, come del giorno e della notte, essendosi cercata la deviazione dello Stromento, essa si è trovata diversa, secondo i diversi tempi delle osservazioni, e le differenze quasi di accordo colle anomalie della paralasse. Questa ricerca è per avventura superiore allo stato attuale degli stromenti astronomici.

| Pag. | lin. | | |
|---|---|---|---|
| 211 | 7 | raggi della terra : | leghe |
| 220 | 26 | linee contenute | linee continuate |

# LEZIONI ELEMENTARI
## DI
# ASTRONOMIA.

§ 1 Astronomia nella sua prima e naturale significazione altro non è che regola o legge degli astri. Parrebbe quindi che la scienza, a cui si è dato questo nome, non dovesse trattare che de' movimenti celesti e delle loro leggi. E' tuttavia uso costante d' intendere generalmente per essa tutto ciò che può sapersi intorno agli astri, o in qualunque modo da essi ne dipende.

§ 2 Spetta dunque all' Astronomia di enumerare e classificare i corpi celesti, determinarne la loro natura, calcolarne le grandezze, le masse e rispettive distanze; di osservare i luoghi di quelli che non mutano mai di posizione, e segnare le traccie degli altri, che si muovono, descrivendo tutte le particolarità dalle quali sono accompagnati; di conoscere le apparenze o fenomeni, che debbono nascere dalle diverse combinazioni di questi movimenti; di cercare la spiegazione di tutti li riferiti fenomeni, riunendo i varj fatti, che dipendono da altri più generali, e risalendo per tal maniera alla prima semplicissima legge, che ne è la causa generale; e finalmente di giovarsi di queste cognizioni nella Nautica, nella Geografia, nella Gnomonica, nella Cronologia, e in ogn' altra cosa, da cui per avventura possa venirne qualche vantaggio alla Società.

§ 3 Considerata l' Astronomia sotto questo punto di veduta, può dividersi in quattro parti: *Osservazioni*, *Risultati*, *Teoria*, e *Applicazioni*. L' osservazione rac-

coglie ed ordina i fatti o fenomeni, che offre l' aspetto del Cielo; i risultati presentano le verità, che si deducono dalle osservazioni; la teoria ne dà la spiegazione in quanto si ricava dalle leggi del moto, altronde già note; le applicazioni in fine ne mostrano l' uso ne' diversi rami delle altre scienze, che ne dipendono. Sembrerebbe pertanto, che secondo questa divisione si dovesse ordinare lo studio dell' Astronomia. Ma è facile a vedersi che in tale maniera, anzichè facilitarlo, non si renderebbe che più complicato e difficile. Osservazioni, risultati, e teoria talmente si compenetrano, che quasi non può darsi un passo in una, se le altre non si abbiano insieme innanzi agli occhi. A giovarsi delle osservazioni conviene supporre risultati e teoria, e risultati e teoria non reggono senza le osservazioni. Queste tre parti non si possono quindi interamente separare, ma debbonsi in modo combinare e disporre, che a vicenda si rischiarino e diano la mano, or questa, or quella appianando la via all' intelligenza delle altre. La quale cosa non sembra che possa meglio conseguirsi, che presentando da principio un' idea generale delle cose, quale a un di presso si potrebbe acquistare da chi per più tempo e attentamente osservasse il cielo; premettendo in secondo luogo le nozioni principali, che riguardano gli stromenti e calcoli su cui poggiano le osservazioni e risultati; poi trattando ciascuna materia in particolare col soccorso di quei principj, che potranno renderla più facile e piana, sia che essi dipendano dalla teoria o dalla osservazione. Tale pertanto si è il metodo che noi ci proponiamo di seguire in queste nostre lezioni, che per maggior chiarezza divideremo in libri, capi e articoli.

# LIBRO I.

## PRIME OSSERVAZIONI E RISULTATI.

### ARTICOLO I.

*Del moto generale degli Astri.*

§ 4 A procedere con chiarezza e semplicità supporremo da principio di essere sforniti affatto di qualsisia cognizione del cielo, e che per la prima volta ci facciamo ad esaminarlo e considerarlo. Il primo fenomeno, da cui dobbiamo quindi essere colpiti, si è il moto del sole e generalmente di tutti gli astri. In pieno giorno veggiamo il primo salire in cielo, innalzarsi lentamente, e scendere in una parte a quella opposta, in cui prima apparve: entrata la notte miriamo gli astri, i quali seguendo sensibilmente le tracce del sole, muovonsi con un moto simile al suo. Il moto degli astri è dunque generale.

§ 5 Esaminando attentamente questo moto generale delle stelle non è difficile a riconoscere, 1° che una tra esse non ha quasi movimento alcuno, 2° che rispetto a questa alcune or giacciono da un lato, ed or dall' altro, ora in alto, ed ora al basso, 3° che altre non veggonsi mai che sopra o ai lati. Dunque le prime compiono un' intera rivoluzione intorno a quella che sembra immobile, e le seconde non ne fanno che una parte, la quale sia a noi visibile. Come però queste ultime, se prima veggonsi alla sinistra, dopo di essere sparite per qualche tempo ricompajono alla dritta, e reciprocamente, non può dubitarsi ch' esse ancora non facciano un' intera rivoluzione, non altrimenti che le altre. Dunque il moto generale

delle stelle si fa intorno ad una di esse, o intorno ad un punto alla medesima assai vicino.

§ 6 Ma questo moto è esso proprio delle stelle, o nasce da un altro, il quale sia comune a tutto il cielo, in cui si debbono esse riguardare come immobilmente fisse? La grande regolarità, l'uniformità, e l'accordo di questi movimenti sembra che debba farci abbracciare questa seconda supposizione in preferenza della prima. Il cielo adunque vuolsi riguardare come una sfera, che gira sul proprio asse, e di tal maniera presenta a noi, collocati nel suo centro, il fenomeno del moto generale degli astri. Tale si fu l'idea che ne formarono i primi osservatori, e che generalmente si sostenne sino a Copernico (a).

## ARTICOLO II.

*De' punti e cerchj necessarj ad immaginarsi in cielo.*

§ 7 Fatto questo primo passo nella contemplazione del cielo, se più attentamente vogliamo considerare questi mo-

(a) Copernico e prima di lui alcuni tra gli antichi opinarono, che il moto diurno degli astri non fosse proprio, nè di essi nè del cielo; ma un puro e semplice fenomeno cagionato dalla rotazione della terra sul proprio asse: in quella guisa appunto, che sarebbe pura e semplice apparenza il moto di una piazza per colui che essendo nel mezzo riposasse sopra di un punto, che girasse sopra se stesso, senza ch'egli se ne potesse avvedere. Questa opinione, che da principio fu proposta come ipotesi, è ora divenuta una verità incontrastabile. Come però è contraria al testimonio de' sensi, nè si è generalmente ricevuta che dopo lunghe contestazioni, non può supporsi che si presenti, dirò così, a primo colpo d'occhio. Perciò si è qui seguita l'idea più facile e naturale a concepirsi.

vimenti ed il cielo medesimo, ci è mestieri d'immaginare su di esso segnati e descritti diversi punti e linee, a cui si possano riferire le nostre osservazioni e ricerche. Considerando noi dunque il cielo come una sfera, che gira sopra se stessa, possiamo in essa distinguere, e l'asse intorno a cui si fa un tale movimento, e gli estremi punti del medesimo. Chiameremo quello *Asse del mondo*, e questi suoi *Poli*, i quali non meno dell' asse, debbono conservare sempre la stessa posizione, e si debbono risguardare come fissi ed immobili. Ora potendo noi accompagnare coll' occhio le intere rivoluzioni di alcune stelle, uno de' riferiti poli deve trovarsi in mezzo ad esse, o sia nella parte del cielo, che noi vediamo, e l' altro nell' opposta inferior parte, a noi invisibile. Di questi due poli diremo *Boreale* il primo ed *Australe* il secondo.

§ 8 Se il polo Boreale deve trovarsi in mezzo alle stelle, che compiono le loro rivoluzioni intere nella parte del cielo a noi visibile, potremo assai agevolmente trovare il punto, a cui esso prossimamente corrisponde. Perciò di altro non sarà mestieri, che di esaminare pel corso di più notti il moto generale delle stelle, riferendole, per maggiore facilità, a qualche torre o altro termine fisso. Noi osserveremo, che una ve ne ha, la quale, mentre le altre mutano successivamente di luogo, conserva sempre a un di presso la medesima posizione. Questa da noi si chiamerà *Polare*, e in essa o vicino ad essa dovrà di necessità giacere il Polo.

§ 9 Conoscendo il luogo del Polo, giova rispetto al medesimo distinguere in cielo la dritta, e la sinistra, e li due punti intermedj ed opposti. Chiameremo *Cardinali* questi quattro punti, e daremo ai medesimi li nomi di *Oriente*, *Occidente*, *Settentrione* ed *Austro*. Il Settentrione sarà quel punto, verso cui siamo rivolti quando riguardiamo il Polo, l' Austro o mezzogiorno l' opposto,

quella parte cioè a cui corrisponde il sole verso mezzodì. L' Occidente e l' Oriente saranno i punti situati in mezzo ai due descritti, e ad uguale distanza dai medesimi, il primo dalla parte ove nascono gli astri, e l' altro dall'altra parte ove essi tramontano. L' Oriente è a diritta quando la faccia è rivolta verso il Polo.

§ 10 Un altro punto vuolsi segnare in cielo, quello cioè, che immediatamente corrisponde al di sopra del nostro capo, o sia quello a cui anderebbe a terminare un filo a piombo, prolungato sino all' incontro del cielo. Chiameremo questo punto *Zenit*, e *Nadir* il suo opposto, sempre a noi invisibile.

§ 11 Il Zenit ed il Nadir essendo direttamente opposti, se si supponga un cerchio, che faccia tutto il giro del cielo, passando per questi due punti, vi saranno sempre 180° dall' uno all' altro. Noi chiameremo *Verticale* un tale cerchio, da qualunque lato egli sia.

§ 12 Tutte le volte, che siamo in aperta campagna vediamo il cielo sotto la forma della metà di una sfera, che ci sta per di sopra: l' altra metà rimane dunque per di sotto. Chiameremo *superiore* l' emisfero a noi visibile, *inferiore* l'altro, ed *Orizzonte* il gran cerchio da cui sono essi separati.

§ 13 Essendo il Zenit il punto più elevato del cielo, sarà sempre alla distanza di 90° da tutti li punti dell' Orizzonte.

§ 14 Si distinguono due orizzonti *Razionale* l' uno, *Sensibile* l' altro. Il primo è formato da un piano perpendicolare alla linea che va dal Zenit al Nadir, incontrandola ad eguali distanze da questi due punti: il secondo è il cerchio terminatore della nostra vista quando siamo in aperta campagna, e si può considerare a guisa d' un piano parallelo all' orizzonte razionale, e che tocca la terra nel luogo in cui trovasi l' osservatore.

§. 15 L' Orizzonte razionale è indefinito; l' altro, in

pieno mare ed essendo l' occhio all' altezza di cinque piedi, non si estende oltre due miglia ed un terzo. Nelle osservazioni celesti, i due orizzonti, a cagion dell' immensa distanza degli astri da noi, si confondono insieme, o sia non ne formano che uno solo; nelle terrestri conviene distinguerli, passando l' uno pel centro della terra, ed essendo l' altro tangente alla medesima.

§ 16 Come da noi si è diviso il cielo in due emisferi per mezzo di un piano perpendicolare alla linea che unisce il Zenit col Nadir; così supponendone un altro, che tagli in parti eguali l' asse del mondo, e sia al medesimo perpendicolare, avremo due altri emisferi, il primo de' quali, quello cioè in cui è collocato il nostro Polo, potremo denominarlo *Boreale*, e l' altro *Australe*. Chiameremo ancora *Equatore* il cerchio che separa questi due emisferi. Esso è il più grande, che nel moto generale della sfera si descriva dalle stelle, e perciò appunto merita di essere considerato e distinto.

§ 17 Avendo diviso il cielo in due emisferi rispetto al Zenit ed al Nadir, e in due rispetto ai poli, gioverà dividerlo in due altri ancora rispetto ai punti di Oriente e di Occidente. Diremo il primo emisfero *Orientale*, e l' altro *Occidentale*, ed il cerchio che li divide *Meridiano*; questo, essendo perpendicolare all' orizzonte, sarà il termine a cui giugnendo gli astri avranno la loro massima altezza, e di dove cominceranno a discendere. Il meridiano è dunque un cerchio che generalmente divide in due parti eguali gli archi descritti dalle stelle dal punto del loro nascere sino al loro tramontare. Quando esse vi giungono diconsi alla metà del loro corso, e parlandosi del sole *Mezzodì*. Essendo, così il Zenit, come il polo ad eguali distanze dall' Oriente e dall' Occidente, il Meridiano di necessità dee sempre passare pel Polo e pel Zenit.

§ 18 Avanti di passare più oltre gioverà moltissimo

formare una sfera, che rappresenti il cielo e segnare in essa i varii punti e cerchj finora immaginati e descritti. Sia dunque (*Fig. I.*) PHEOF un globo di una materia e grandezza qualunque. Si prendano in esso i due punti opposti P ed A, i quali rappresentino i due poli: la linea, che passando attraverso del globo, va dall' uno all' altro sarà l' asse del mondo, intorno al quale si fa il moto generale. Si prendano due altri punti Z e N, opposti come i primi, saranno essi il Zenit ed il Nadir. Fatto ora centro primo in Z poi in P si descrivano due cerchj massimi HFO, EFQ, sarà il primo l'Orizzonte, il secondo l' Equatore, e tirando due altri cerchj, uno de' quali passi pel Zenit e pel Polo, come ZPHN, e l' altro passando solo pel Zenit sia perpendicolare all' orizzonte come ZV, il primo sarà un meridiano, il secondo un verticale: OPHVFO sarà l' emisfero superiore visibile, ONHVFO sarà l' inferiore invisibile: gli altri emisferi non si possono rappresentare in una figura piana. O, che si suppone in mezzo dell' emisfero Orientale, sarà l' Oriente, ed H a lui opposto l' Occidente.

## ARTICOLO III.

### *Della figura della Terra, e de' cerchj celesti trasportati su di essa.*

§ 19 Questi punti e cerchj da noi segnati in cielo, vogliionsi ora trasportare sulla nostra terra, senza di che diverrebbero inutili. Prima però è necessario cercarne prossimamente la sua figura. Al primo aspetto ci presenta la terra una vastissima superficie piana, sulla quale poggia il cielo in forma di emisfero concavo. Ma il moto generale delle stelle abbastanza dimostra, che quanto sono esse da noi lontane nell' emisfero superiore, altrettanto debbono esserlo nell' inferiore. Quindi ne siegue,

che la nostra terra devesi piuttosto considerare come collocata nel centro della sfera celeste, e che la sua figura non dee essere molto lontana dalla sferica. Poichè se noi ci faremo ad osservare qualche vascello nell'atto che scioglie dal lido, ed esamineremo di quale maniera si vada esso gradatamente sottraendo ai nostri sguardi; riconosceremo che il corpo della nave è il primo che si perde di vista, indi le vele, e finalmente le sommità degli alberi. Similmente facendo noi camino verso Mezzogiorno, forse ci accaderà di osservare alcune stelle sull'Orizzonte, che prima da noi non si vedevano, e che ritornando alla prima stazione, cesseremo nuovamente di vedere. Le quali cose non si possono intendere senza supporre la terra prossimamente sferica (*a*).

---

(*a*) Quantunque a dì nostri la rotondità della terra sia una nozione comunissima, quanta difficoltà non incontrò essa mai, e quanti secoli non trascorsero, prima che fosse generalmente riccvuta dalle persone medesime più colte ed istruite! I Greci, che pur sono ancora i nostri maestri nelle belle arti, nella poesia, nell'eloquenza, e nei precetti di morale e di politica, ne furono così lontani, che per lunga serie di anni, sicuri riposando sul semplice e solo testimonio dei sensi, non davano altra figura alla terra, che quella che essi ci presentano al primo aspetto, nè d'altri termini la credevano circoscritta, che dalle acque, nelle quali immaginavano, che il Sole in ciascun giorno andasse ad estinguere i suoi ardori. Gl'Indiani, i primi per avventura dai quali ebbero principio le scienze, la riguardavano a guisa di una informe prodigiosa mole, sostenuta da quattro Elefanti. Caddero finalmente e questa ed altre inezie moltissime, ma nientedimeno non si sapeva concepire, come la terra, essendo abitata in ogni sua parte, potesse avere una figura rotonda. Sembrava impossibile, che coloro, che trovavansi nella parte di essa a noi opposta potessero ritti sostenersi sù i loro piedi, e non più tosto tratti dal proprio peso, dovessero cadere nell'immensità dello spazio. Nè giovava il dirsi che noi facciamo un tutto colla terra, che siamo parte di essa, e verso di essa spinti sempre mai, qualunque sia la posizione nostra; che non vi è nello spazio, in

§ 20 La terra essendo sferica e situata nel centro della sfera celeste, tutti li punti e cerchii, che noi abbiamo supposti in questa, ed abbiamo formati con diversi piani condotti pel centro, si troveranno segnati sulla terra ancora. Se quindi come abbiamo supposto un globo per rappresentare il Cielo, un altro ne supporremo che rappresenti la terra, vi saranno in esso i medesimi punti e cerchii immaginati nel primo, che per distinguerli da quelli chiameremo *Terrestri*. Ma vuolsi considerare un' altra differenza tra le due sfere: nella celeste si considera la terra come immobilmente fissa nel centro, ed a guisa di un punto, a cui corrisponde l' occhio dell' osservatore; nella terrestre, noi siamo sulla di lei superficie, i di cui punti diversi non si possono risguardare come un solo, nè tra di essi, nè rispetto al centro. Si avranno dunque tanti punti e cerchii diversi della medesima denominazione, quanti saranno i punti della superficie terrestre, che corrispondono ai punti diversi della celeste.

§ 21 Quindi 1° I soli poli e l' Equatore saranno gli stessi per l' intera superficie della terra, come quelli che corrispondono sempre ai medesimi punti del Cielo.

2° Ciascun punto della terra avrà il suo Zenit ed il

---

cui è librata la terra, nè alto nè basso assoluto, che in qualunque luogo i piedi sono sempre inferiori alla testa perchè più vicini al centro. E se Magellano, ed altri molti dopo di lui non avessero osato fare il compiuto giro del nostro globo, chi sa quanti increduli vi sarebbero ancora! E' però da avvertire che la rotondità di cui parliamo non dee intendersi in uno stretto e rigoroso senso: giacchè oltre le ineguaglianze, che s' incontrano ad ogni passo, e le quali si possano risguardare per nulla rispetto alla grandezza totale, è realmente la terra (siccome a suo luogo si dimostrerà) compressa ai poli ed elevata all' Equatore, e rassomiglia più tosto ad una cipolla, che ad una sfera.

suo Nadir, nè quello dell' uno si confonderà con quello dell' altro.

3° La distanza dal Zenit al Polo sarà complemento della sua distanza all' Equatore.

4° L' Orizzonte essendo distante dal Zenit di 90° ogni Zenit avrà il suo orizzonte particolare e distinto.

5° La distanza dell' Orizzonte dall' Equatore sarà uguale alla distanza del Zenit dal Polo.

6° Vi saranno tanti Meridiani diversi quanti saranno i diversi punti della terra, pei quali si potranno condurre dei cerchii dal Polo all' Equatore.

7° Tutti li punti della terra che si troveranno nella direzione di uno di questi cerchii, avranno lo stesso meridiano.

8° Facendo camino lungo l' Equatore non si muterà la distanza dal Polo, e facendolo lungo un meridiano, tutta la mutazione di luogo sarà rispetto al Polo.

## ARTICOLO IV.

### *Della divisione degli astri in stelle fisse e Pianeti.*

§ 22 Stabiliti li principali punti del Cielo, ai quali si possono riferire le nostre osservazioni, e trasportati i medesimi sulla superficie della terra, è necessario che ritorniamo all' esame del moto delle stelle. Quì pertanto dobbiamo da principio osservare che, sebbene il moto diurno sia comune a tutte, non tutte però conservano sempre le medesime rispettive distanze: alcune comunque ben poche, veggonsi, dirò così, andar vagando pel Cielo, avvicinandosi ora a questa ed ora a quella. Distingueremo dunque due classi di corpi celesti, una di *Fissi*, e l' altra di *Erranti*. Riporremo nella prima quelli che non hanno alcun movimento relativo, o sia che conser-

vano sempre lo stesso luogo rispetto agli altri, e questi saranno propriamente le *Stelle Fisse*; nella seconda collocheremo gli altri.

## ARTICOLO V.

### *Della Luna.*

§ 23 La Luna si è il primo de' corpi celesti, che ha dovuto portarci a fare una simile osservazione e divisione. Se all' entrare della notte, si osservi nella vicinanza di qualche stella, trascorse alcune ore, ne sarà già sensibilmente lontana, come se trattenuta si fosse o ritornata verso Oriente. Dopo alcuni giorni, se la stella a cui da prima erasi paragonata sarà vicina a tramontare, la Luna appena comincerà a mostrarsi in Cielo. Continuando noi per più tempo a seguirla con attenta riflessione, riconosceremo 1° che essa realmente si muove verso Oriente nel tempo istesso che insieme colle stelle è trasportata verso Occidente; 2° che il suo movimento proprio è sì grande, che nello spazio di 27 giorni circa fa l' intiero giro del cielo in una direzione contraria a quella del moto diurno. Della quale cosa potremo maggiormente accertarcene, scegliendo qualche stella che in un dato momento le sia assai vicina, ed alla medesima rapportandola per 27 successivi giorni. Vedremo pertanto che trascorse 24 ore la Luna si sarà già allontanata dalla stella verso Oriente per un arco di 13° circa, e così di giorno in giorno sino a che dopo 27 giorni ritornerà ad avvicinarsi alla stella, e raggiungerla dalla parte di Occidente.

§ 24 Un altro fenomeno singolare ci presenta la Luna. Dopo di averci illuminati per un' intera notte sotto forma rotonda e risplendente, che dicesi *Luna Piena*, perde a poco a poco la sua luce, ed il suo splendore;

il suo disco si va facendo minore, nasce più tardi, non ci rischiara che durante la metà della notte, e prende la forma di un mezzo cerchio. Dopo alcuni giorni, avvicinatasi maggiormente al sole, non si vede che sotto la forma di un crescente, che sale in Cielo avanti lo spuntar del sole, scema a poco a poco di luce e grandezza, e va finalmente a perdersi nei raggi solari, che la tolgono interamente ai nostri sguardi. Rimane a noi invisibile per due o tre giorni, e poi nuovamente comincia a mostrarsi la sera verso l' Occidente; ma continuando ad avanzarsi verso Oriente, ed allontanarsi dal Sole, cresce in grandezza e splendore. Il suo crescente è più grande e più lungamente c' illumina. Si presenta sotto la forma di un mezzo cerchio quando è a 90° lontana dal Sole; sette giorni dopo essendone a 180° vedesi piena, rotonda e luminosa come il mese precedente, e passa a mezza notte al Meridiano. Allora quando la Luna è avvolta nei raggi del Sole dicesi *Luna Nuova*, a 90° gradi dal Sole *Primo quarto*, a 180° *Luna Piena*, a 270° *Ultimo quarto*.

## ARTICOLO VI.

### *Del Sole.*

§ 25 Il Sole, non altrimenti che la Luna, va di continuo allontanandosi dalle stelle, che gli giacciono all' occidente, ed alle altre si avvicina, che gli sono all' oriente. Ha dunque esso ancora un moto reale o apparente di Occidente in Oriente. Non è così pronto, nè così facile a riconoscersi, come quello della Luna, ma non è nè men vero, nè meno certo. L' aspetto del cielo continuamente muta, quasi in ogni notte offrendo ai nostri sguardi nuove stelle, che prima non vedevansi, ed altre togliendone: al termine di sei mesi tutto è già mutato, e

quasi non siamo in grado di più riconoscerlo. Le stelle che da principio vedevansi nascere al tramonto del sole, sono ora vicine all' Occidente, quelle che toccavano il mezzo del cielo più non miransi, e tutto annunzia un nuovo ordine e disposizione. Una più attenta osservazione ci accerterà che in ciascun giorno vi è una sensibile accelerazione nel nascere e tramontare delle stelle. Le quali cose non si possono nè intendere, nè spiegare senz' accordare al Sole un movimento apparente o reale, per cui si allontana dalle stelle più occidentali, e si avvicina alle orientali.

## ARTICOLO VII.

### *Dei Pianeti e delle Comete.*

§ 26 Se dopo il Sole e la Luna passeremo ad esaminare le stelle, tra le più brillanti ci avverrà d' incontrarne alcune, le quali mutano di luogo rispetto alle altre, apparendo di Occidente in Oriente ora in una, ed ora in un' altra parte del cielo. Con un poco di attenzione ci sarà facile da principio di contarne sino a cinque di tale sorta, a cui si sono dati i nomi di Giove, Saturno, Marte, Espero e Lucifero. Gli ultimi due, dopo lunghe osservazioni riconosceremo finalmente che non sono che un solo pianeta, il quale accompagna costantemente il sole, ora seguendolo all' occidente, ed ora precedendolo all' oriente, ed al quale si è dato il nome di Venere. Un più attento studio del cielo un altro ce ne fa scoprire simile al precedente, denominato Mercurio: esso è sempre in poca distanza dal sole, ora all' oriente ed ora all' occidente del medesimo. Abbiamo quindi sette pianeti, il Sole, la Luna, Venere, Mercurio, Giove, Saturno, e Marte.

§ 27 Altri corpi ancora avverrà che di quando in

quando da noi si vedano in Cielo, i quali accompagnati ora da una specie di capegliatura, ora da lunghe striscie di debole luce, vagando quasi senza legge, in questa e in quell' altra parte, dopo breve tempo si toglieranno ai nostri sguardi, nè più ricompariranno. Incerti cosa essi realmente siano, se veri corpi celesti o meteore, ci limiteremo, presa la denominazione della loro più costante apparenza, a chiamarli *Comete*, ed a notarne le circostanze di tempo principalmente, e luogo (*a*).

## ARTICOLO VIII.

### *Della maniera di combinare il moto delle stelle col moto de' Pianeti.*

§ 28 Ma come si può egli conciliare il moto generale delle stelle di Oriente in Occidente coll' altro de' Pianeti di Occidente in Oriente? Se in vece di supporre una sola sfera, siccome da principio si è fatto (§ 6), ne immagineremo otto diverse e concentriche, nella prima delle quali che a distinguerla dalle altre si dirà *Primo Mobile*, non vi siano che le sole stelle propriamente tali, e nelle altre

(*a*) Le Comete furono per lungo tempo credute corpi nuovamente formati, che l' ignoranza ripose nel numero delle meteore, e la superstizione indivisibile di lei compagna, risguardò come segni della collera celeste, e precursori de' suoi più gravi flagelli. I lumi della nuova Astronomia dissiparono sì vani timori, dimostrando che sono le Comete astri non dissimili dagli altri Pianeti, e come essi anelli della gran catena, che unisce tutte le diverse parti dell' Universo. Il loro numero è assai grande, e quasi in ogni anno coll' ajuto de' telescopj se ne scoprono delle nuove. Di 117 se ne è già abbozzata la strada, e di una stabilito il periodo: è nientedimeno imperfetta ancora questa parte dell' Astronomia; nè può ben dirsi se sarà mai per essere recata molto più oltre.

siano collocati i Pianeti, uno per ciascuna; null' altra cosa si richiederà per ispiegare il movimento proprio de' Pianeti di Occidente in Oriente, e combinarlo col diurno di tutto il Cielo, se non se di fare un' altra supposizione, niente opposta alla prima, per cui mentre, il Primo Mobile seco trasporta le altre sfere di Oriente in Occidente, esse con velocità diverse, e di lunga inferiori a quella del primo Mobile si muovono in una direzione contraria, cioè di Occidente in Oriente. In sì fatta ipotesi di necessità deve accadere, che i pianeti si avanzino a poco a poco verso Oriente nell' atto istesso, che in ciascun giorno sono trasportati dal primo mobile con un moto comune verso Occidente.

§ 29 Ma se questa spiegazione soddisfa al movimento de' Pianeti verso Oriente, non è però bastevole a rendere ragione delle circostanze che lo accompagnano. Le stelle quando sono giunte al meridiano hanno sempre la massima altezza sopra l' orizzonte; i Pianeti, il Sole e la Luna principalmente, in alcuni tempi veggonsi più alti, in altri meno: sembra che per più tempo si avanzino verso Settentrione, indi, come se ne fossero respinti, ritornino verso Mezzodì, poi nuovamente ricomincino a muoversi verso Settentrione, ma per diriggersi un' altra volta a Mezzodì, e così di seguito. I pianeti adunque muovonsi a un tempo, e verso Oriente e verso i Poli; dei quali due movimenti per la precedente spiegazione, sembra che il primo solamente si possa intendere.

§ 30 Questo secondo movimento verrà necessariamente dal primo, quante volte i poli delle rispettive sfere si suppongano diversi dai poli del primo mobile, ossia del mondo. Ora ciascuna sfera essendo dalle altre distinta, ed avendo una velocità sua propria, niente impedisce, anzi è naturale che abbia similmente un asse distinto, intorno a cui faccia il suo movimento. Per la quale cosa, secondo che il pianeta, sarà in questa, o in quell' altra par-

te della sua sfera, passando al meridiano si vedrà ora più alto, ed ora più basso. Questa ipotesi, comunque ben lontana dal vero, basta nondimeno a farci concepire la possibilità di sì fatti movimenti; la piena cognizione de' quali può solo mostrarne l'insussistenza, e guidarci a formare più veri e ragionati concetti (*a*).

## ARTICOLO IX.

### *Della via del Sole, e sue proprietà.*

§ 31 Riprendiamo l'esame del Sole, del quale è ora mestieri investigarne la via, le sue proprietà e quanto da essa dipende. Partiremo in questa ricerca dal fenomeno semplicissimo delle ombre del sole istesso; le quali essendo sempre proporzionali alle tangenti delle sue di-

---

(*a*) Per quanto puerile ed assurda possa parere a' dì nostri l'ipotesi delle sfere, tale non poteva essere ai tempi in cui fu immaginata; ed Eudosso che, per quanto sembra, fu il primo a proporla, ne ottenne molta lode. Noi ragioniamo sempre per analogia, e le false conseguenze, a cui questo argomento spesso ci mena, non così agevolmente si distruggono: l'osservazione, la meditazione, il tempo quanto debbono talvolta lottare colle idee da prima ricevute, ed abbracciate! I primi osservatori giudicarono de' corpi celesti, da quanto essi vedevano nei terrestri; e come questi da se non si sostengono nell'aria, così non seppero concepire come gli astri potessero da se soli librarsi e muoversi nello spazio. Supposero quindi delle sfere, nelle quali fossero come incastrati; diedero alle medesime la natura del cristallo a fine di potere liberamente vedersi a traverso, e le affidarono ad altrettanti Genii superiori, che ne diriggessero il camino. Non dee pertanto recar maraviglia, se Pitagora le insegnò, indi Aristotele, e gli altri sapienti della Grecia: più tosto può alquanto sorprendere, come, dopo che rigettate furono da Tolomeo, si siano poi riprodotte e sostenute fino al rinascimento della buona Filosofia.

stanze dal vertice, osservate per lungo tempo nel mezzodì, possono additarci in ciascun giorno il camino ch'egli fa, e quindi porci in grado di conchiuderne quanto si desidera. Sia pertanto un' asta di una canna di lunghezza, stabilmente e perpendicolarmente innalzata su di un piano perfetto. L' ombra che manderà a mezzodì, a cagion di esempio, li 21 Marzo sarà quì in Palermo di palmi 6, 277; da questo giorno anderà essa sempre diminuendo sino ai 21 Giugno, in cui si troverà di palmi 2, 091; indi comincerà a crescere, e li 21 Settembre sarà uguale all' altra dei 21 Marzo; continuerà a farsi maggiore, e li 21 Dicembre sarà di palmi 14, 770. Oltre questo termine si farà in ciascun giorno minore, ai 21 Marzo sarà nuovamente di palmi 6, 277; poi successivamente passerà per le altre grandezze prima osservate, presentando sempre le medesime ne' medesimi giorni prossimamente. Da tutto ciò ne vengono assai chiaramente i seguenti risultati.

§ 32 1° Le ombre del sole a mezzodì vanno regolarmente crescendo dalla minima alla massima, e con eguale regolarità vanno diminuendo da questa a quella. La via del sole è dunque rientrante e regolare.

2° Tra il passaggio dell' ombra per la sua massima o minima grandezza, sino a che ritorna allo stato medesimo, vi sono due giorni, nei quali la durata della notte è uguale a quella del giorno, le ombre sono eguali, ed eguali le distanze dalla massima o minima. Dunque la via del sole ha coll' equatore due punti comuni e diametralmente opposti.

3° Oltre questi due giorni non se ne incontrano altri, nei quali le ombre essendo uguali, sia insieme il giorno uguale alla notte. Dunque in questi due soli giorni il sole trovasi nell' equatore.

4° Trascorsi i due mentovati giorni le ombre crescono o decrescono, secondo che il sole si avvicina alla

massima o alla minima. Dunque la via del sole si allontana dall' equatore.

5° Ad uguali intervalli dai punti d'intersezione della via del sole coll' equatore, gli aumenti delle ombre sono sensibilmente uguali ai decrementi, e reciprocamente. Dunque la via del sole che diremo *Ecclittica* è in uno stesso piano, ed ugualmente inclinata all' equatore dall' una e dall' altra parte.

6° Ai 21 Marzo e 21 Settembre il sole essendo nell' equatore dalla lunghezza dell' ombra si potrà dedurne le altezze, dell'equatore e del polo sopra l'orizzonte. Sia (*Fig.* 2) S il sole nell'equatore, Z il zenit, P il polo, AC l' asta, CO la lunghezza dell' ombra sarà 1° SZ distanza dell' equatore dal zenit = PM altezza del polo sull' orizzonte. 2° ZP distanza del zenit dal polo = SN altezza dell' equatore sull' orizzonte. Ora nel triangolo rettangolo CAO, sarà CAO = SAZ, e COA = ZAP. Perciò AC : CO : : R : tan OAC, e supposta AC di palmi 8, e CO di 6, 276 sarà

Log. compl. 8 . . . 9,09691
Log. 6,276 . . . 0,79772

Log. tan. OAC = 9,89463. Dunque OAC = ZAS = 38° 7′ = PM altezza del polo sull' orizzonte, e 51° 53′ suo complemento = SN altezza dell' equatore sull' orizzonte.

7° Nella stessa guisa misurando l' ombra massima, che cade ai 21 Dicembre, e la minima dei 21 Giugno, potremo rinvenire l' angolo che fa l' Equatore colla Ecclittica. Si calcoli per questi due giorni la distanza del sole dal zenit; sarà pei 21 Dicembre 61° 35′, e pei 21 Giugno 14° 39: la metà della lor differenza, cioè 23° 28′, ci darà l' angolo dell' Equatore coll' Ecclittica, che chiamasi *Obliquità dell' Ecclittica*. Dai 21 Marzo ai 24 Settembre vi sono 187 giorni, e soli 178 dai 21 Settembre

ai 21 Marzo. Dunque il Sole impiega maggior tempo a percorrere l'Emisfero Boreale. Dunque il suo movimento non è uniforme.

8° Se nel giorno, in cui l'ombra fu massima o minima si sia osservata qualche stella nascere o tramontare insieme col Sole, ritornando l'ombra alla stessa grandezza, si vedrà nuovamente la medesima stella nascere o tramontare in compagnia del Sole. Dunque in questo intervallo il Sole ha fatto l'intero giro del cielo.

9° In questo intervallo si sono numerati 365 giorni circa. Dunque il tempo che impiega il Sole a percorrere la sua sfera di Occidente in Oriente è di 365 giorni circa. Alla somma di questi giorni noi daremo il nome di *Anno*, e di esso ci serviremo per misurare la durata delle rivoluzioni degli altri pianeti.

10° Questa prima misura si potrà alquanto rettificare, facendo attenzione alla grandezza delle ombre, che trascorsi 365 giorni dovrebbero ritornare della stessa grandezza, se il sole avesse esattamente compiuto il suo giro. Si osserverà pertanto che non sono esse della medesima grandezza, che prima si erano trovate, ma un quarto circa maggiori o minori (secondo che vanno diminuendo o aumentando) della loro variazione diurna. Il sole dunque impiega un poco più di 365 giorni a compiere il suo giro: se l'osservazione si faccia dopo due rivoluzioni, la differenza sarà doppia, dopo tre tripla, e dopo quattro non avrà l'ombra la stessa grandezza che trascorsi 366 giorni. Fisseremo dunque la grandezza dell'anno di 365$^g$ $\frac{1}{4}$ (*a*).

---

(*a*) Ciò che da una semplice osservazione in breve si è quì raccolto, potrebbe per avventura farci credere, che con eguale facilità sempre si sia giunto a questi risultati medesimi; se dalla storia non fossimo ben diversamente ammaestrati. Quante difficoltà

## ARTICOLO IX.

### *Della Sfera armillare e suo uso.*

§ 33 Conoscendo l' altezza del Polo, l' altezza dell' Equatore e l' obliquità dell' Ecclittica, non ci sarà difficile di costruire una macchina col soccorso della quale si possa segnare in cielo la via del Sole, e la posizione delle stelle rispetto ai cerchii e punti che supposti abbiamo. Siano perciò quattro gran cerchii, di ferro, di ottone, o di qualunque altra materia; tutti uguali, e divisi, ciascuno, in 360 parti o gradi: si debbono unire e disporre in modo, che rappresentino l' Orizzonte, il Meridiano, l' Equatore, e l' Ecclittica. Pertanto 1° si congiungano stabilmente insieme due a due, dando ai primi un angolo di 90° ed ai secondi di 23° 28′: serviranno quelli a rappresentare l' Orizzonte ed il Meridiano, e questi l' Equatore e l' Ecclittica. 2° Abbia l' Equatore il suo asse, intorno al quale possa girare insieme coll'Ecclittica. 3° Si dispongano i primi in modo ch' essendo l' uno paralello al piano, su cui siamo situati, l' altro passi pel Zenit e pel Polo: sarà quello il nostro Orizzonte, e questo il Meridiano. 4° Vi si uniscano gli altri due, collocando

---

non incontrarono i Greci prima di pensare ad inclinare l' orbita del Sole all' Equatore, quanta a stabilire l' obbliquità dell' Ecclittica, a riconoscere gli Equinozj ed i Solstizj, a determinare l' altezza del Polo, a misurare la grandezza dell' anno! Ciascuna di queste scoperte, o diremo più tosto elementari cognizioni, bastò ad illustrare qualche filosofo: così Anissimandro, Pitea, Filolao, Cleostrato, Eutemone, Metone ed altri, li quali si occuparono chi in una, e chi in un' altra di sì fatte cose, con quante lodi non furono essi celebrati dall' antichità! In ogni facoltà, ma nell' Astronomia principalmente, ciò che nei principj si risguarda come un prodigio, di poco o nissun momento diviene poi nel progresso.

nell' Orizzonte i due punti comuni, o sia l' intersezione, ed inclinando l' Equatore all' Orizzonte di 51° 53'. 5to Così uniti insieme i quattro mentovati cerchii, e posto l' occhio nel loro centro comune, si facciano girare i due mobili sino a che il raggio visuale, passando pel piano dell' Ecclittica (l' Ecclittica dovrà farsi rimanere sopra l' Equatore dai 21 Marzo ai 22 Settembre, e sotto da questo punto all' opposto) incontri il Sole; allora l' Ecclittica corrisponderà alle stelle, per le quali passa la via del Sole, l' Equatore alle altre, che sono nel medesimo, e tutto il Cielo alle rispettive parti, e vani dei nostri cerchii. La figura 3 potrà servire a darci un' idea di questi quattro cerchii, veduti dal loro centro comune, quando il Sole è in Ariete e nell' Orizzonte occiduo. HO rappresenta l' Orizzonte, HZON il Meridiano, QV l' Equatore, EC l' Ecclittica, P il Polo dell' Equatore, ϖ quello dell' Ecclittica (*a*).

---

(*a*) I cerchii furono certamente i primi stromenti che s' immaginarono: giacchè sarebbe ben difficile a concepirsi per quale altra maniera gli antichi abbiano potuto stabilire le posizioni degli astri così tra di essi, come rispetto all' Ecclittica ed all' Equatore. Ne troviamo infatti antichissima la loro invenzione presso i Chinesi, che per avventura furono i primi a giovarsene: gli ebbero i Greci ancora, e da essi furono portati nella scuola di Alessandria, nella quale se ne valsero con vantaggio Timocari ed Aristillo, e gli altri che li seguirono. Ma, per quanto sembra, non prima di Eratostene si giunse a dar loro sette in otto piedi di raggio, onde potessero servire a misurare le più piccole distanze degli Astri; nè prima si pensò a stabilirne diversi, disposti altri nel meridiano, altri nella direzione dell' Ecclittica, ed altri in quella dell' Equatore, i quali ebbero poi dai traguardi, che vi aggiunse Ipparco, un nuovo grado di miglioramento. Tutto ciò esigeva molta energia, e molta perizia, nè minore dispendio e generosità; e quindi grandi stabilimenti sostenuti da gran Principi, siccome furono i Tolomei, e la scuola da essi fondata. Questi cerchii, destinati ad usi diversi, furono an-

## ARTICOLO X.

*Degli Equinozj, Solstizj, longitudini e latitudini.*

§ 34 Potremo agevolmente riconoscere nella direzione dell' Ecclittica, e le stelle che sono nelle sue intersezioni coll' Equatore, e le altre che trovansi a 90° di distanza. Perciò li 21 Marzo nel tramontare del Sole si porti all'orizzonte uno de' due punti comuni dell' Ecclittica coll' Equatore, e li 21 Settembre vi si porti l' altro ed opposto, osservando, ed esaminando con diligenza le stelle, che vi corrispondono. Lo stesso si faccia li 21 Giugno e li 21 Dicembre, portando all' orizzonte, nel cader del Sole dei 21 Giugno, quel punto dell' Ecclittica, che è più vicino al Nord, e più lontano dall' Equatore, e l' opposto li 21 Dicembre. La luna potrà renderci questa operazione e più facile e più spedita. Così usando per lungo tempo giugneremo finalmente a conoscere e distinguere le diverse stelle, che corrispondono ai quattro principali punti dell' Ecclittica, e che la dividono in quattro parti eguali. Chiamerò questi quattro punti *Equinozii* e *Solstizii*, nei primi due rimanendo il Sole egual tempo sopra e sotto l' Orizzonte, e non avendo quasi alcun movimento sensibile giunto nei secondi. Da questi punti me-

---

cora riuniti in un solo stromento, travagliato così in grande, come in piccolo, e volgarmente conosciuto sotto il nome di *Astrolabio*. Alle armille Alessandrine, ed agli Astrolabj siamo noi debitori delle migliori osservazioni, che ci abbia tramandato l' antichità: oggi però non sono più in uso nè le une nè gli altri; e può dirsi che passa la stessa differenza tra questi e li nostri stromenti, che vi è tra l' antica e moderna Astronomia. Ma quelli e non questi doveansi proporre in questa introduzione, destinata a spiegare lo sviluppo naturale delle nostre prime idee e cognizioni su gli Astri.

desimi prenderanno principio quattro periodi diversi, nei quali divideremo l' anno, cioè Primavera, Estate, Autunno, ed Inverno. Riconosciute queste stelle passeremo ad esaminare le altre, che giacciono lungo l' Ecclittica; per la quale cosa non di altro sarà mestieri che di portare nell' Orizzonte in ciascun giorno dell' anno quel punto dell' Ecclittica, a cui corrisponde il Sole nel suo tramonto. Il numero de' gradi intercetto tra la sezione de' 21 Marzo, e le stelle che di mano in mano si anderanno osservando, c' indicherà la loro distanza da quello, la quale chiameremo *Longitudine delle stelle*, che conteremo sempre di Occidente in Oriente.

§ 35 Se ai quattro cerchii, che finora hanno formato la nostra macchina ne aggiungeremo un quinto, di eguale diametro, diviso come gli altri, e mobile intorno al Polo dell' Ecclittica, potremo con esso stabilire la posizione di tutte le stelle fuori dell' Ecclittica, rispetto alla medesima. Si porti all' orizzonte quel punto dell' Ecclittica, in cui trovasi il Sole al suo tramonto, per lo stesso si faccia passare il quinto cerchio, che diremo *Cerchio di Latitudine*, e per mezzo di una regola situata nel centro, si notino tutte le stelle disposte nella direzione del medesimo; esse avranno la stessa longitudine del Sole; e l' arco interposto tra l' Ecclittica e ciascuna stella, ci darà la sua distanza dalla medesima, che diremo *latitudine*. Essa sarà Boreale, se la stella sia nell'emisfero Boreale, ed Australe se sia nell' Australe.

§ 36 Sia ♒L il supposto cerchio di latitudine, (*Fig.*5) mentre le stelle disposte lungo il medesimo hanno la stessa longitudine ♈L le rispettive distanze loro dall' Ecclittica, o sia le latitudini, sono diverse: così le stelle S, $\sigma$ hanno la stessa longitudine ♈L, ma la latitudine di S è SL, e $\sigma$ L quella di $\sigma$. Generalmente la longitudine è la distanza dell' Astro dal punto di Ariete, contata sull' Ecclittica, e di Occidente in Oriente; e la la-

titudine la sua distanza dall' Ecclittica presa su di un cerchio massimo, che partendo dal Polo dell' Ecclittica passa per la stella.

## ARTICOLO XI.

### *Delle Ascensioni rette e Declinazioni.*

§ 37 Conosciute le stelle che sono nella via del Sole, e stabilita rispetto ad essa la posizione delle altre, converrà riferirle ancora all' Equatore. Per la quale cosa oltre della sfera egli è mestieri giovarsi di un orologio, che segni il tempo che impiegherà la sezione di Ariete a fare un intero giro del cielo: in questo luogo noi lo supporremo ad acqua, o a polvere, tali essendo stati i primi che a questo oggetto furono impiegati. Ora, poichè nel giorno in cui il sole sarà nella sezione di Ariete, pel punto dell' Orizzonte in cui esso tramonterà debbono successivamente passare tutte le stelle disposte lungo l' Equatore; attentamente si osservi 1° il punto dell' orizzonte in cui il sole tramonterà; 2° il tempo che trascorrerà dal tramonto del sole a quello di ciascuna stella che verrà a passare per lo stesso punto del sole; 3° si converta un tale tempo in parti dell' Equatore, che saranno le rispettive Ascensioni rette delle stelle osservate, come è chiaro. Per tale maniera nell' equinozio di primavera si potranno stabilire le AR$^{te}$ delle stelle della metà dell' equatore, e nell' equinozio di autunno quelle dell' altra metà.

§ 38 Le stelle fuori dell' Equatore non si possono meglio determinare, che osservandole nel loro passaggio al meridiano. Pertanto 1° si scelga qualche stella tra le conosciute e determinate nell' equatore, e con essa si paragonino le altre, che anderanno di mano in mano passando al meridiano. 2° Il tempo trascorso tra il passaggio della stella di confronto, ed un' altra qualunque, con-

vertito in parti dell' equatore, si aggiunga all' AR$^{ta}$ di quella, e si avrà l' AR$^{ta}$ di questa, e così delle altre. La declinazione poi o distanza dall' equatore verso il polo, si otterrà notando il punto del meridiano, per cui la stella sarà passata. La declinazione della stella, che sarà passata pel punto Z, sarà QZ: QM quella di un' altra veduta in M ec. Generalmente, se pel polo dell' equatore, e per una stella si faccia passare un arco di cerchio massimo come PSA, la distanza della stella dall' equatore contata su questo cerchio, ne sarà la sua declinazione, e la distanza del punto A dalla sezione di Ariete, che sempre si conta di occidente in oriente, la sua AR$^{ta}$. La declinazione di S è SA, e la sua AR$^{ta}$ A♈.

## ARTICOLO XII.

### *Del Zodiaco e delle Costellazioni.*

§ 39 Se come abbiamo riportate all' Ecclittica le stelle, così vi riporteremo la Luna e gli altri pianeti, osserveremo, che mentre quelle non presentano alcun sensibile cambiamento nè in longitudine nè in latitudine; questi mutano da un giorno all' altro nell' una e nell' altra posizione, lo che è conforme a quanto sopra (§ 30) abbiamo accennato. Simili cambiamenti però non sono della stessa natura: in longitudine fanno i pianeti l' intero giro del cielo, in latitudine non si allontanano mai dall'Ecclittica, sia verso settentrione, sia verso mezzodì, più di 8 gradi. Sembrano dunque rinchiusi entro una specie di zona, nel di cui mezzo trovasi l' Ecclittica. Questa porzione del cielo, che può quindi risguardarsi come la regione de' pianeti, vuolsi distinguere dalle altre: noi la chiameremo *Zodiaco*, e la divideremo in dodici parti, i di cui nomi saranno: *Ariete*, *Toro*, *Gemini*, *Cancro*, *Leo-*

*ne*, *Vergine*, *Libra*, *Scorpione*, *Saggittario*, *Capricorno*, *Aquario*, *Pesci* (*a*).

§ 40 Nella guisa medesima, che si è divisa e distinta con nomi la regione de' pianeti, potremo dividere il rimanente del Cielo. La qual cosa ci sarà di non poco giovamento, potendo così a parte a parte, e meglio co-

---

(*a*) La prima divisione del Zodiaco è probabilmente stata in 27 o 28 parti, l'altra in 12 deve essere molto posteriore. Quella si ha dalle apparenze della Luna, che cresce per 13 in 14 giorni, e per altrettanti decresce, e questa dal corso del Sole o dalla caduta dell' acqua secondo Macrobio. I primi Persiani divisero il Zodiaco in quattro parti; il Toro corrispondeva al principio della Primavera, ed al principio di Autunno lo Scorpione; Regolo al Solstizio di Estate, e Fomalhut al Solstizio d' Inverno. Quest' epoca risale a 3000 anni circa avanti Cristo.

I nomi di Ariete, Toro ec. coi quali soglionsi indicare i dodici segni del Zodiaco, sono proprj di dodici costellazioni, quasi intieramente rinchiuse nel Zodiaco stesso, e diverse dai segni, coi quali non debbonsi confondere; non essendo lo spazio occupato, per esempio, dalla costellazione di Ariete, lo stesso collo spazio occupato dal segno di Ariete. In qual tempo si siano adottati i nomi delle costellazioni per dinotare i segni, è cosa ben difficile a definirsi. L' opinione che naturalmente si presenta si è, che allora furono introdotti, quando le costellazioni di Ariete, Toro ec. occupavano ciascuna a un di presso l' estensione del segno del suo medesimo nome, lo che risale a 300 anni circa avanti Cristo. Ma egli è certo che molti e molti secoli prima, essendo ancora le costellazioni assai lontane dai segni, essi si chiamavano cogli stessi nomi di Ariete ec. Per avventura i nomi delle costellazioni hanno di molto preceduto i nomi dei segni, per denominare i quali, senza riguardo allo stato del Cielo, si sono presi quei nomi delle costellazioni, che sembravano più atti a simboleggiare le circostanze e particolarità di ogni mese. Questa spiegazione è molto conforme al sistema di Pluche, secondo il quale i nomi dei segni debbonsi ai lavori della campagna. Altri però diversamente opinano; nè tra le diverse sentenze vi è maggioranza di argomenti: onde ben si può conchiudere, che sì fatte cose sono pienamente sepolte nelle tenebre del tempo.

noscerlo, e formarne a noi medesimi una compita e piena rappresentazione. Potremo ancora con questo mezzo più facilmente riconoscere le varie stelle, e giudicare in ogni tempo de' cambiamenti che possono loro avvenire. Si scelgano quindi nelle diverse parti del cielo le stelle più lucide e brillanti, e si uniscano in modo con un maggior o minor numero delle più vicine, onde ne risulti qualche nota figura, facile ad eccitarsi nella nostra mente, e a richiamarci così quella parte che abbiamo voluto indicare e descrivere. Le figure di uomini, di animali, di stromenti ec. saranno le più opportune, come quelle nelle quali si distingue un maggior numero di parti. Da principio ne formeremo 24 nell' Emisfero Boreale, e 15 nell' Australe, le quali colle 12 dell' Ecclittica ci daranno 51 figure, che chiameremo *Costellazioni*, o *Asterismi*. I nomi delle Boreali saranno: *Pegaso*, *Andromeda*, *Cassiopea*, *Orsa minore*, *Cefeo*, *Perseo*, *Triangolo Boreale*, *Cocchiere*, *Orsa maggiore*, *Dragone*, *Chioma di Berenice*, *Boote* e *Monte Menalo*, *Corona Boreale*, *Ercole*, *Ofiuco*, *Serpente*, *Lira*, *Aquila*, *Antinoo*, *Cigno*, *Freccia*, *Delfino*, *Cavallino*. Ed i nomi delle Australi: *Balena*, *Eridano*, *Lepre*, *Orione*, *Can maggiore*, *Can minore*, *Argo nave*, *Idra*, *Tazza*, *Corvo*, *Centauro*, *Lupo*, *Altare*, *Corona Australe*, *Pesce Australe* (*a*).

---

(*a*) Alle 51 riferite costellazioni ne furono aggiunte in varii tempi molte altre, i di cui nomi sono: Renna, Mietitore, Giraffa, Arpa di Giorgio, Lioncorno, Lince, Telescopio di Herschel, Piccolo Leone, Cani da caccia, Quadrante Murale, Toro di Poniatowsky, Scudo di Sobieski, Piccola Volpe, Oca, Mosca, Lucerna, Sestante, Solitario, Apparato dello Scultore, Fenice, Macchina Elettrica, Laboratorio Chimico, Pendolo, Scettro di Brandeburgo, Burino, Cavalletto del Pittore, Macchina Pneumatica, Squadra,

## ARTICOLO XIII.

### *Del movimento dell' Equatore lungo l' Ecclittica.*

§ 41 Se le posizioni delle stelle osservate in un tempo si comparino colle posizioni delle medesime stelle, osservate in un altro, di lunga mano posteriore al primo; non sarà difficile a riconoscere che dalle prime alle seconde osservazioni l' Equatore si è mosso lungo l' Ecclittica, conservando colla medesima la stessa inclinazione prossimamente. Sia ♑.♋ (*Fig.4*) l' Ecclittica, ϖ il suo Polo; QU l' equatore, P il suo polo, ed s una stella. Osservata questa stella in un tempo sarà A♈ la sua AR[ta], As la sua declinazione, L♈ la longitudine, e Ls la latitudine; osservata la medesima stella in un altro tempo, l' AR[ta] sarà αo, la declinazione αs, la longitudine Lo,

---

Compasso, Teloscopio Astronomico, Microscopio, Pallone Aerostatico, Grue, Trofeo di Federico, Regola, Tocano, Picciola Nube, Idro Maschio, Orologio, Reticolo, Gran nuvola, Monte della tavola, Pesce volante, Cameleonte, Guercia di Carlo, Monte della mensa, Croce, Ape, Livello o Triangolo australe, Uccello Indiano, Ottanto nautico, Pavone, Indiano, Gatto, Dorado. Tutte queste costellazioni, sono il risultato delle osservazioni più antiche, e più recenti. Le denominazioni delle prime 51 debbonsi principalmente agli usi, alla Mitologia, ed ai fatti ed uomini illustri della più rimota antichità. Varii dotti hanno tentato di risalire alla loro origine, e darne delle spiegazioni; ma per verità altro non si è fatto, che fabricare bizzarri sistemi, ed avanzare congetture erudite più tosto che probabili. Non è così delle altre, delle quali si possono assegnare le circostanze ed il tempo. Le più australi debbonsi in parte al Colombo, al Vespucci, e ad altri che dopo di essi andavano in traccia di nuovi mari e nuove terre, ed in parte all' Ab. La-Caille. Le boreali furono stabilite dagli Astronomi dei due ultimi secoli, e consacrate alla memoria di uomini grandi, o di utili invenzioni e scoperte.

e la latitudine L s. Si dica lo stesso di tutte le altre stelle: le loro latitudini non offriranno alcun sensibile cambiamento, le longitudini saranno tutte maggiori della stessa quantità, le ARte maggiori ancora, ma inegualmente; delle declinazioni poi, altre maggiori ed altre minori, secondo i diversi punti della sfera, in cui giacciono rispetto alle due intersezioni dell' Equatore coll' Ecclittica.

§ 42 Assicurati dalle nostre osservazioni comparate con quelle degli antichi di questi fatti, esaminiamo le conseguenze che ne vengono. Pertanto

1° Le stelle essendo immobili; non possiamo altrimenti concepire l' aumento successivo delle longitudini e delle ARte, che supponendo un movimento retrogrado dell' intersezione dell' Equatore coll' Ecclittica, per cui questo punto dalla prima alla seconda osservazione è passato da ♈ in o, retrocedendo da ♈, di dove nella prima osservazione avevano avuto principio le longitudini e le latitudini.

2° Se le longitudini crescono tutte egualmente, e le latitudini si conservano sempre le stesse, l' Ecclittica deve riguardarsi come immobile. Il solo Equatore è quindi in moto. Esso si avanza sull' Ecclittica di Oriente in Occidente, o sia da Ariete in Pesci, passando dalla posizione V♈Q nell' altra voq, contro l' ordine dei segni.

3° Mentre l' Equatore si muove di ♈ in o, il suo polo P passerà da P in p, e quando l' intersezione dell' Equatore coll' Ecclittica avrà compita una rivoluzione su di questa, il polo P ne avrà compita una simile intorno al polo ϖ.

4° L' Equatore nel suo giro sull' Ecclittica, nei primi sei segni si avvicinerà alle stelle australi e si allontanerà dalle boreali, ed il contrario avverrà nei sei secondi. Perciò nei primi sei diminuiranno le declinazioni australi e cresceranno le boreali, e negli altri sei cresceranno le prime e diminuiranno le seconde.

5° La variazione in declinazione è massima nelle stelle vicine agli Equinozii, diminuisce nelle altre a proporzione che sono meno lontane dai Solstizii, verso questi punti si rende insensibile. L' inclinazione dell' Equatore coll' Ecclittica, o sia l'Obliquità si può quindi riguardare come costante, o sia l' Equatore si avanza sull' Ecclittica, facendo sempre uno stesso angolo colla medesima.

6° In ogni anno il Sole incontrerà l' Equatore prima di avere terminato la sua rivoluzione sulla Ecclittica. Se in un anno qualunque il sole avrà incontrato l' Equatore in ♈, durante il tempo del suo ritorno allo stesso punto dell' Ecclittica ♈, l' Equatore si sarà avanzato in o. Perciò l' equinozio di primavera succederà prima che dal sole si sia percorsa tutta l' Ecclittica, ossia ritorni allo stesso punto dell' Ecclitica, da cui si era cominciato a contare il suo movimento.

7° La quantità per cui gli equinozii precedono in ogn' anno, essendo uguale all' avanzamento annuo delle stelle in longitudine, potremo indistintamente chiamarla *precessione degli equinozii* o *precessione delle fisse*.

8° La precessione essendo di 50″ circa per anno, in 25900 anni a un di presso la sezione di Ariete farà l'intero giro dell' Ecclittica, e le stagioni si rinnoveranno nelle diverse costellazioni del Zodiaco.

§ 43 Tutto ciò meglio si comprenderà tenendo un globo innanzi agli occhi. E' inoltre da avvertire, che se si vorranno comparare le osservazioni antiche colle moderne, le loro differenze non saranno pienamente conformi a quanto si è quì stabilito. La quale cosa dipende non meno dall' imperfezione delle osservazioni medesime, che da più altri piccoli movimenti cui soggiacciono l' Equatore e l' Ecclittica, e che quì non si sono potuti considerare (*a*).

---

(*a*) La precessione delle fisse, dedotta per la prima volta da Ipparco, comparando le osservazioni proprie con quelle di Timo-

## ARTICOLO XIV.

### *Degli Ecclissi.*

§ 44 Ma di un fenomeno singolare non si è parlato ancora, che per altro sopra tutti dee grandemente colpirci. Talora in pieno giorno il Sole perde d'improviso di sua luce, e in breve tempo o tutto, o in parte si sottrae ai nostri sguardi, indi a poco a poco riprende il suo primo splendore. La luna ugualmente non di rado ci presenta simili mancanze. La loro spiegazione non è difficile ad intendersi, solo che si voglia seguirne le circostanze che lo accompagnano. Succedono gli ecclissi solari allora solamente, quando la Luna dalla parte di Occidente va a raggiungere il Sole, l'oltrepassa e si avanza verso Oriente. Egli è quindi chiaro, che non da altra cagione si possono essi ripetere che dalla Luna, la quale nel suo passaggio dalla parte occidentale all'orientale del sole, si frappone tra lui e la terra, e toglie a noi di vederlo o tutto o in parte. Si hanno gli ecclissi lunari allora sola-

---

cari ed Aristillo, non si seppe altrimenti spiegare dagli antichi, che supponendo a un tempo due movimenti opposti nella sfera delle fisse. Secondo essi in forza del primo faceva la sfera la sua rivoluzione diurna di Oriente in Occidente, e in forza del secondo ne faceva un'altra in 25000 anni circa di Occidente in Oriente, rimanendo fissa la sezione di Ariete. Questa spiegazione, comunque assurda, prevalse sino a Copernico, il quale al moto diurno della sfera sostituito avendo il diurno della terra sul suo asse, ed all'anno del Sole, l'altro della terra lungo l'Ecclittica, suppose che in questo secondo movimento l'asse della terra non rimanesse sempre paralello a se stesso, ma avesse una piccola deviazione, per cui andasse lentamente descrivendo intorno al Sole la superficie di un cono, e così spiegò la precessione delle fisse. Ma era riserbato al Newton a risalire alla vera cagione di questo fenomeno, che non è che una conseguenza del principio generale dell'attrazione.

mente, quando la luna è tutta illuminata, o sia a 180° dal sole; ma in questo caso la terra è interposta tra la Luna e il Sole: dunque se l'ombra che manda la terra venga a cadere sulla Luna, essa ci apparirà o tutta o in parte oscurata.

§ 45 Da questa spiegazione egli sembra venirne che in ogni luna nuova si debba avere un ecclisse di sole, ed un'altro di luna in ogni luna piena; e così di fatto sarebbe, qualunque volta l'orbita della luna giacesse nel piano dell'Ecclittica. Se però noi ci faremo ad esaminare il di lei camino, e per più tempo attentamente osservarlo, siccome si è praticato pel sole, ci accerteremo, che esso non ha che due soli punti comuni coll'ecclittica, che diconsi *Nodi*, che sono a 180° l'uno dall'altro, e che il loro mezzo ne è lontano di 5° circa, così verso settentrione, come verso mezzodì. L'orbita della luna è dunque inclinata all'ecclittica sotto un angolo di 5°. Per la quale cosa non si avranno ecclissi, che quando i Novilunii e i Plenilunii succederanno essendo la luna nei nodi, o vicina ai medesimi. Nelle altre parti, sebbene in ogni mese essa raggiunga ed oltrepassi il sole da ponente a levante, e l'ombra da mezzodì a settentrione; rimane pur tuttavia talmente sopra o sotto, che il raggio visuale condotto alla luna, e indefinitamente prolungato, non giunge nè al sole nè all'ombra della terra.

§ 46 Conosciuta la cagione degli ecclissi, ci studieremo di osservarli con diligenza, notando e i tempi in cui essi accadono, ed il luogo della luna nell'ecclittica. Se osserveremo insieme, e quando la luna si rinova, e quando giunge alla sua pienezza, dopo lungo tratto di tempo, saremo finalmente in grado di stabilire i seguenti fatti. 1° Le rivoluzioni lunari ora sono di maggiore ed ora di minore durata, e lo stesso intervallo frapposto tra una congiunzione e la prossima opposizione, ben di rado trovasi uguale alla metà dell'intera rivoluzione. Dun-

e

que il movimento della luna nell' orbita sua non è uniforme, ma ora si muove con una maggiore, ed ora con una minore velocità. 2° Succedono e si rinnovano gli Ecclissi in punti diversi dell' ecclittica. Dunque hanno un movimento i nodi ancora, ed il ritorno della luna ad uno di essi non è lo stesso col suo ritorno allo stesso punto dell' ecclittica. 3° Dopo diciotto anni e undici giorni gli ecclissi si rinnovano nella stessa maniera, e negli stessi punti dell' ecclittica (*a*). Dunque in questo intervallo li nodi fanno prossimamente un' intera rivoluzione. 4° Gli ecclissi di luna hanno sempre principio e fine nello stesso istante in tutti i luoghi della terra, non così quei di sole.

§ 47 A concepire sì fatta differenza basta riflettere,

---

(*a*) Ciò non si verifica che per una o due rivoluzioni, alla terza gli ecclissi sono già assai diversi in grandezza, e dopo 10 in 11 il loro ritorno non ha più luogo. Nientedimeno l' antichità fece gran caso di questo periodo di 18 anni e 11 giorni, o di 223 mesi lunari, e di esso unicamente valevasi per predire gli ecclissi di luna; ma siccome le sue predizioni non si estendevano a grandi intervalli, nè era molto sollecita di notare in ciascuno ecclisse la precisa quantità della parte oscurata della luna, così se ne giovò con vantaggio, senza conoscerne il difetto. Questo periodo è generalmente attribuito ai Caldei, sebbene Bailly pretenda che sia stato comune a tutte le più antiche nazioni.

Molti altri periodi si possono rinvenire combinando insieme i movimenti del sole e della luna, in modo che certi dati fenomeni ritornino costantemente dopo un certo numero di anni; della qual sorta molti ne ebbero gli antichi. Il più celebre si è quello del ritorno dei novilunii e plenilunii nei medesimi giorni dell' anno. Esso si compie in 19 anni, o in 235 mesi lunari, dei quali 110 di 29 giorni, e 125 di 30, come fu stabilito da Metone, che il primo lo propose alla Grecia nelle assemblee dei giuochi Olimpici 432 A. C. Sì grande fu la sodisfazione e meraviglia con cui fu accolto, che venne generalmente distinto col nome di *Ciclo* o *Numero di Oro*, nome che ritiene ancora nel Calendario Gregoriano.

che la luna non risplende che per la luce riflessa dal sole, ed il sole risplende per luce propria. Perciò negli ecclissi di luna, cagionati dal di lei ingresso nell' ombra della terra, più non ricevendo essa i raggi del sole, dee rendersi invisibile, qualunque sia il luogo dell' occhio; in quella guisa medesima che un lume si cessa di vederlo nel momento che si spegne. Negli ecclissi di Sole, che vengono dall' interposizione della Luna tra il Sole e noi, essa non può toglierci che la vista di quella parte del disco solare, a cui corrisponde, nella direzione del raggio visuale. Secondo pertanto che saremo collocati su di un punto piuttosto che su di un altro della terra, malgrado l' interposizione della luna, potremo continuare a vedere il sole, o tutto o in parte. Gli ecclissi di luna non dipendono dunque che dalla sola luna, quelli di sole dalla luna insieme e dalla nostra posizione geografica (*a*).

---

(*a*) I Caldei, attenti osservatori degli ecclissi lunari, trascurarono i solari, e ciò probabilmente, perchè, sapendo che lo stesso ecclisse di Sole in diversi luoghi e si vedeva di diversa grandezza, e talvolta era visibile in un luogo ed invisibile in più altri, li risguardavano come fenomeni accidentali, e incapaci di assoggettarsi al calcolo. Ipparco, sicuro che quando accade un' ecclisse di sole, il sole e la luna corrispondono allo stesso punto del Cielo, ne conchiuse, che se gli ecclissi solari non veggonsi egualmente in ogni luogo, egli è, perchè non in ogni luogo il sole e la luna nello stesso istante corrispondono allo stesso punto del cielo. Della qual cosa si fece egli ad investigarne la cagione, che, il primo, felicemente rinvenne. Avendo pertanto comparato la luna col sole e colle stelle, così al suo nascere, come al suo passaggio al meridiano, e nei luoghi intermedii, si accertò che le distanze sue così dal sole come dalle stelle andavano sensibilmente cambiando dall' orizzonte al zenit, malgrado che tenesse conto del movimento proprio di essa. Se all' orizzonte la luna era più bassa della stella di un grado al zenit la toccava, e nuovamente se ne allontanava allontanandosi dal zenit. Comprese quindi Ipparco, che a diverse altezze la luna corrispondeva a diversi punti del cielo; e combinata

## ARTICOLO XV.

### *De' movimenti de' Pianeti rispetto alle Stelle e rispetto al Sole.*

§ 48 Dopo il sole e la luna, le nostre ricerche debbono naturalmente cadere su gli altri Pianeti. Ora seguendoli noi con attenzione e comparandoli colle stelle, presso le quali nell' avanzarsi di occidente in oriente, vanno successivamente passando; 1° Osserveremo un fenomeno singolare e bizarro: ci sembrerà che in certi tempi dell' anno, quasichè incontrassero degli ostacoli, più non prosieguono il loro camino ordinario e regolare; poichè da principio vedesi scemare il loro movimento, poi cessare dell' intutto, trascorsi alquanti giorni prendere una direzione contraria alla prima, continuare in questa ed aumentare, diminuire in seguito, rendersi affatto insensibile, e finalmente ritornare a farsi di occidente in oriente. 2° Ci accerteremo che malgrado questa specie di oscil-

---

questa idea colla rotondità della terra, gli fu facile d' inferirne, che nello stesso momento non essendo la luna in ogni luogo alla stessa altezza sull'orizzonte, in diversi luoghi deve essa corrispondere a diversi punti del cielo, e perciò lo stesso ecclisse solare non può essere ugualmente visibile in ogni luogo. La luna adunque ed ogn' altro corpo celeste veduto da due osservatori collocati su diversi punti del globo corrisponde a diversi punti del cielo; non altrimenti che un oggetto qualunque, guardato da diverse persone corrisponde a diversi punti dell' orizzonte. L' angolo formato al centro dell' astro dai raggi visuali de' due osservatori chiamasi *Parallasse*, ed il suo effetto si è di portarlo verso l' orizzonte. Quest' angolo sarà maggiore o minore, secondo che l' astro sarà a noi più vicino, o da noi più lontano. Tutto ciò fece sentire ad Ipparco la necessità di considerare ne' calcoli astronomici la rotondità della terra; e comparare i fenomeni alla superficie con quelli che ne verrebbero se le osservazioni si facessero al centro della terra.

lazioni, i Pianeti, quale in maggiore e quale in minor tempo, percorrono tutti l'intero Zodiaco; ritornando per la via di occidente a raggiugnere le stelle, dalle quali si erano allontanati per la via di oriente. Noi distingueremo sì fatti movimenti e loro irregolarità in *Direzioni*, *Retrogradazioni* e *Stazioni*, e chiameremo *Diretto* il movimento di occidente in oriente, *Retrogrado* l'altro ed opposto.

§ 49 Osservati i movimenti de' Pianeti rispetto alle stelle, converrà osservarli ancora rispetto al sole, misura generale del tempo. Prima però gioverà considerare come e in quali casi possa ciò farsi. Or girando i Pianeti e il Sole intorno alla terra, i tempi, nei quali si troveranno insieme nel meridiano, saranno, non v'ha dubbio, i più opportuni all'uopo. Ma in diversi modi può ciò avvenire, quando cioè la terra è tra il sole e il pianeta, e quando il pianeta è tra la terra e il sole, o il sole tra questa e quello. In questo secondo caso non possiamo vedere il pianeta, passando al meridiano insieme col sole; non così nel primo, nel quale mentre l'uno è nel meridiano superiore, l'altro deve trovarsi nel meridiano inferiore. A più chiara intelligenza della quale cosa, sia (*Fig.* 5) PX il meridiano, *syok* l'orbe del Sole, e XqPl, o *rzmh* l'orbe del pianeta, secondo che rispetto al sole, sarà più o meno lontano dalla terra in *t*. E' chiaro che essendo il sole in *s* e il pianeta in X o in *r*, sole e pianeta si troveranno insieme al meridiano, ma il pianeta immerso ne' raggi del sole, non potrà da noi vedersi: quando però il sole sarà in *s*, ed il pianeta in m o in P, passando il sole a mezzanotte al meridiano inferiore, il pianeta nel momento stesso passerà al meridiano superiore, e sarà a noi visibile. Nel primo caso diremo il pianeta in *congiunzione* col sole, e nel secondo in *opposizione*. Sono pertanto le opposizioni le circostanze più favorevoli a comparare i pianeti col sole.

§ 30 Premesse queste cose, dopo una lunga serie di osservazioni potremo stabilire i seguenti fatti.

1° Le stazioni e retrogradazioni sono fenomeni periodici, che ritornano, ritornando i pianeti nelle medesime distanze dal sole, in cui furono la prima volta osservati, senza che in alcun modo ciò dipenda dal luogo del Zodiaco, in cui trovasi il pianeta.

2° Marte, Giove, Saturno pressochè in ogni anno veggonsi passare al meridiano a mezza notte, ed in conseguenza sono allora a 180° lontani dal sole. Venere però e Mercurio mai non veggonsi nel meridiano a mezzanotte, nè mai in maggiore distanza dal sole, il primo di 45°; ed il secondo di 25°.

3° Venere, e Mercurio veggonsi giacere ora sulla destra, ed ora sulla sinistra del sole, a cui si avvicinano fino ad una certa distanza, indi scompajono, nè ricompajono che nella parte opposta a quella, in cui prima eransi osservati.

4° Se Mercurio e Venere mai non veggonsi nel meridiano a mezzanotte, mai non sono dunque in opposizione col sole, o sia la terra non trovasi mai tra essi e il sole; e se ora veggonsi sulla sinistra, ed ora sulla destra del sole, o sia ora seguirlo all' occaso, ed ora precederlo all' orto, egli può ben congetturarsi che siano sempre più vicini al sole che alla terra, e che girino intorno a lui, e con lui intorno alla terra (*a*). In fatti

(*a*) Il movimento di Mercurio e Venere intorno al sole, che quì da noi si dà, come una conseguenza facile a dedursi dalle apparenze di questi due pianeti, or sulla destra ed or sulla sinistra del sole, incontrò niente di meno difficoltà gravissime presso gli antichi. I soli Egizj insegnavano questa verità, nè ben può dirsi, se essi da se medesimi seppero stabilirla, o se per tradizione da altri la ricevettero, la di cui memoria si sia perduta nella voragine

(*Fig.* 6) *mhrz* sia l'orbe di Venere, *nftu* quello di Mercurio, la terra non potrà mai giacere tra questi due pianeti e il sole, e quindi non potranno vedersi a mezzanotte nel meridiano: sarà sempre o il sole tra essi e la terra, o essi tra questa e quello; perciò rispetto alla terra sempre in congiunzione, che potrà essere di due

---

del tempo, e nelle catastrofi della terra. Tra i Greci, chi voleali entrambi sopra del sole, come Platone; chi entrambi sotto, come Tolomeo; e chi l'uno sopra e l'altro sotto, senza che alcuno avesse pensato mai a farglieli girare intorno; siccome a noi ora sembra e facile e piano. Ma perciò dovea supporsi che nelle loro disparizioni fossero or sopra ed or sotto del sole, e quest' idea, se vi fu chi la concepì, non ebbe il coraggio di proporla. Ora però che col soccorso de' telescopj siamo giunti a vedere le fasi di Venere e Mercurio, e i loro passaggi sul disco del sole, le rivoluzioni di questi pianeti intorno ad esso non sono più congetture, ma verità delle più manifeste. Le quali facilmente da noi si concepiranno, se per un istante vorremo por mente a ciò che dee accadere ad un globo posto innanzi ad una lampada o candela. Esso non può essere illuminato che per metà, nè da noi si può vedere la metà illuminata, se non ci ponghiamo in dirittura avanti il lume: se saremo di lato non vedremo che una parte dell' emisfero illuminato; se il globo sarà direttamente tra noi ed il lume, la parte oscura sarà rivolta a noi. Dunque per veder Venere piena è necessario che essa, l' occhio ed il sole siano in dirittura, neu però esattamente in una medesima linea, nè Venere in mezzo. In due soli casi possiamo dunque vedere Venere Piena. 1° Essendo il sole in mezzo; 2° essendovi la terra. Nel primo Venere dovrà tramontare col sole, nel secondo Venere dovrà spuntare sull' orizzonte, quando il sole tramonta. Ora questo secondo caso non succede mai; dunque quando da noi si vede Venere Piena, essa è certamente al di là del sole; è poi tra il sole e la terra quando essa passa avanti il sole, ed ai lati quando appare falcata o gibbosa. Lo stesso esattamente accade rispetto a Mercurio; questi due pianeti girano dunque intorno al sole, non altrimenti che la luna intorno alla terra. Così ragionò Galileo al Doge e Senato di Venezia, mostrando loro dal campanile di S. Marco le fasi di Venere.

maniere, diremo l'una congiunzione superiore, e l'altra congiunzione inferiore.

5° Si possono stabilire due rivoluzioni de' pianeti, una rispetto alle stelle, ed una rispetto al sole.

6° Mercurio e Venere non potendo mai essere in opposizione, in altro modo converrà studiarsi di compararli col sole: le rispettive massime loro digressioni, o allontanamenti dal sole, saranno per ora il più sicuro che possa impiegarsi.

7° Segnando attentamente i tempi nei quali Marte, Giove e Saturno passano al meridiano a mezzanotte, e Venere e Mercurio sono nelle loro massime digressioni occidentali, ed orientali ne avremo i periodi delle loro rivoluzioni rispetto al sole; e similmente segnando i tempi, in cui così i primi come i secondi pianeti ritornano allo stesso punto dell'ecclittica, avremo i periodi delle altre, cioè rispetto al Zodiaco. I primi saranno per la luna $29^{g}$ $12^{or}$, per Mercurio $113^{g}$ $15^{or}$, per Venere $383^{g}$ $22^{or}$, per Marte due anni $49^{g}$ $22^{or}$, per Giove un anno $33^{g}$ $15^{or}$, per Saturno un anno $12^{g}$ $20^{or}$: i secondi, per la Luna $27^{g}$, per Mercurio $87^{g}$ $25^{or}$, per Venere $224^{g}$ $17^{or}$, per Marte due anni prossimamente, per Giove undici anni e 10 mesi, per Saturno 29 anni circa. Non arriveremo però a questi ultimi risultati, se non se dopo lunghi replicati travagli, così nostri, come degli altri, che ci avranno precednto.

8° Le rivoluzioni periodiche del sole, della luna e degli altri pianeti compiendosi in tempi ineguali, non senza fondamento possiamo congetturare, che i pianeti medesimi siano ad ineguali distanze dalla terra; cioè quelli più vicini, la di cui durata è minore, più lontani gli altri. Ma poichè Mercurio e Venere primariamente non girano intorno alla terra, ma intorno al sole; essi non potranno riguardarsi come i più vicini alla terra, sebbene i tempi delle loro rivoluzioni siano minori. Mercurio

che ha il più piccolo periodo sarà al sole più vicino di Venere, e di questa più lontano dalla terra. Se dunque i pianeti sono a distanze diverse dalla terra, probabilmente giaceranno nell' ordine che siegue. La più vicina sarà la Luna, poi Venere, indi Mercurio, in seguito il Sole, a cui succederà Marte, a questo Giove, e finalmente Saturno (a)..

## ARTICOLO XVI.

### *Della maniera di spiegare le stazioni e le retrogradazioni.*

§ 51 Se Mercurio e Venere muovonsi intorno al sole, le stazioni e retrogradazioni loro, non saranno più un fe-

(a) Le distanze de' pianeti da principio, nemmeno per approssimazione si possono investigare, dipendendo da osservazioni e calcoli, che suppongono l' Astronomia già molto provetta ed avanzata. In fatti gli antichi non le conobero punto, e quando ne vollero parlare, o dissero puerilità come Pitagora, o caddero in gravissimi errori come Aristarco. Se avessero conosciuta la distanza della terra dal sole, e lasciato questo in quiete e quella in moto, senza molta difficoltà ne sarebbero per avventura venuti a capo. Poichè in questo caso non sarebbe stato mestieri, che di osservare fuori delle opposizioni e congiunzioni l' angolo dei pianeti alla terra, e dalle loro rivoluzioni conchiuderne gli altri al sole, dai quali, combinati colla nota distanza della terra dal sole, si sarebbero rilevate le distanze così dal sole come dalla terra. Ma supposto il sole in moto era impossibile di poter rilevare per un dato tempo l' angolo al sole. Dalle rivoluzioni pertanto solo possiamo congetturare che i più lenti a muoversi sono per avventura i più lontani, non in modo però, che le distanze siano proporzionali ai tempi, a cagion di esempio, che se uno è doppio, doppia sia pure l' altra. Ben diversa è la loro legge, che scoperta da Keplero è poi divenuta la base fondamentale della moderna Astronomia.

nomeno singolare, nè un fatto inconcepibile; ma semplicí apparenze, cagionate dalla posizione nostra così rispetto ad essi, come rispetto al sole. Quando il pianeta è in *h* o in *z* il raggio visuale diviene tangente dell' orbita che descrive intorno al sole, ed il suo moto rispetto a noi non è sensibile; dunque deve comparire stazionario, e ciò accaderà due volte in ciascuna rivoluzione in *h* e in *z*; quando il pianeta trovasi nella parte superiore *hyz* dell' orbita sua, muovesi nella direzione medesimo del sole, e quindi dee comparire diretto, ma quando è nell' inferiore *hmz* cioè tra il sole e la terra, rispetto a noi si muove in una direzione contraria a quella del sole, a noi dunque si mostrerà retrogrado.

§ 52 In semplici apparenze non si potrebbero similmente risolvere le stazioni e retrogradazioni degli altri pianeti? Niente di più facile. A ciò altro non richiedesi, che di supporre la terra in moto, ed il sole in quiete, trasportando in quella il moto apparente di questo. Ciò non vi ha dubbio è contrario al testimonio de' sensi. Ma chi non sa, quanto per se soli non siano essi fallaci? Colui che scioglie dal lido, se altronde non fosse sicuro delle stabilità delle spiagge, terrebbe per certo ch' egli è immobile, e quelle da lui si vanno mano a mano allontanando. Quì però non si tratta di provare il moto della terra; vuolsi solo vedere, se da questo possa venirne una facile spiegazione delle stazioni e retrogradazioni. Ora se la Terra gira intorno al Sole, Marte, Giove e Saturno che sono dalla terra più lontani del sole, e muovonsi con velocità minori, quantunque realmente proseguano sempre ad avanzarsi nelle rispettive orbite loro di occidente in oriente, di necessità debbono apparirci ora stazionarii, ora retrogradi, ed ora diretti.

§ 53 Sia S il sole immobile (*Fig.* 7) MONPQ l'orbe della terra, *mcnpq* una porzione dell' orbe di Giove, e XDBY l'arco corrispondente preso nella sfera delle fisse;

alle quali noi riferiamo il movimento de' pianeti. Se la terra impiega, per esempio, quattro mesi a passare da M in N, e descrive in conseguenza un arco di 120° in ugual tempo Giove non descriverà che l'archetto *mn*, che sarà di 10° circa. Ora prima che la terra da M giunga in O, ed il pianeta da *m* in *c*, ove avrà luogo l'opposizione; 1° vi sarà un punto M, in cui il raggio visuale M*m* sarà tangente dell'orbe della terra: e poichè noi non vediamo Giove nell'orbe suo *muq*, ma nel prolungamento del raggio sino alla regione delle fisse, ci apparirà in B, ed ivi ci sembrerà immobile durante il tempo che il raggio si conserverà sensibilmente nella direzione tangenziale. 2° Passando la terra da M in O, ed il pianeta da *m* in *c*, saranno in opposizione, ed il pianeta si vedrà in A, avendo in apparenza descritto l'arco BA nella regione delle fisse di oriente in occidente, mentre nell'orbe suo ha realmente percorso l'arco *mc* di occidente in oriente. 3° Proseguendo la terra ad avanzarsi da O verso N, ed il pianeta da *c* verso *n*, si anderà esso sempre maggiormente allontanando da B; e giunta la terra in N ed il pianeta in *n*, si vedrà nuovamente stazionario, come in M. 4° Dopo questo punto il movimento del pianeta da retrogrado si convertirà in diretto; la terra in P, ed il pianeta in *p*, esso apparirà in E, la terra in Q, il pianeta apparirà in F, e così via via, sino a che il raggio che dalla terra va al pianeta ritorni tangente dell'orbe della terra. Tutto ciò è assai chiaro: basta solo ben considerare, come sopra si è fatto, che noi non vediamo il pianeta nell'orbe suo, ma nella regione delle fisse alle quali lo rapportiamo, e che esso nell'orbe proprio si muove con una velocità minore di quella della terra. Per le quali cose da M in N per O deve apparire retrogrado, e da N in M per P e Q diretto: nel primo caso il moto reale del pianeta essendo nella

direzione del moto della terra, a cui rimane sempre in dietro, e nel secondo in direzione contraria (*a*).

## ARTICOLO XVII.

### *Del sistema de' Pianeti.*

§ 54 La maniera facile e piana come spiegate abbiamo le stazioni e retrogradazioni di Mercurio e Venere, ci ha condotti a tentare se in ugual modo si potevano spiegare quelle degli altri pianeti, e vi siamo felicemente pervenuti. Ma perciò abbiamo dovuto supporre, che come Mercurio e Venere girano intorno al Sole, così la Terra Marte Giove e Saturno girassero similmente intorno a lui. Se però non possiamo dubitare del movimento dei primi, a cagione delle diverse apparenze loro, ora sulla destra ed ora sulla sinistra del sole, non è così riguar-

(*a*) Le stazioni e retrogradazioni avvolsero i Greci in un laberinto inestricabile: non avevano per una parte il coraggio di abbracciare il sistema Egiziano, e molto meno, sicuri dell' immobilità della terra, potevano pensare a generalizzarlo; non vedevano per l' altra come conciliare un tale fenomeno col moto uniforme e circolare de' pianeti, da essi considerato quale legge fondamentale della natura. Immaginarono finalmente un ipotesi, per cui parve loro che tutto fosse in salvo. Supposero pertanto che ciascun pianeta si muovesse in un piccolo cerchio, il di cui centro ne descrivesse un altro maggiore intorno alla terra. Chiamarono *Epiciclo* il piccolo, *Deferente* il grande. Apollonio Pergeo, che visse 240 anni A. C. e si rese tanto celebre col suo bel trattato delle sezioni coniche, rinvenne e dimostrò il rapporto che dovea passare tra l'Epiciclo ed il Deferente, perchè quindi ne risultassero le apparenze in questione. Il quale teorema, prima applicazione della Geometria all' Astronomia, fu il suggello dell' ipotesi, che indi in poi si insegnò e sino a Copernico generalmente si sostenne quale verità inconcussa.

do ai secondi. Nientedimeno, siccome in questa ipotesi tutto sarebbe meglio ordinato, più uniforme, più semplice, così ragion vuole che da noi si abbracci in preferenza delle altre che stabiliscono la terra in quiete (*a*). Secondo queste idee pertanto il sole è centro comune, con velocità diverse, e a diverse distanze aggiransi intorno a lui prima Mercurio, indi Venere, poi la Terra seco trasportando la Luna, ad altre maggiori distanze seguono finalmente Marte, Giove e Saturno. I movimenti sono nella medesima direzione di occidente in oriente, simili le orbite, poco diverse le rispettive loro inclinazioni, e tutto rinchiuso entro una medesima zona.

---

(*a*) Sebbene Tolomeo padre, ristoratore, e compilatore dell' Astronomia antica abbia supposto e creduto sempre la terra in quiete; non mancarono tuttavia alcuni tra i Greci, i quali osarono pensare e sostenere il contrario. Pitagora, Filolao, Aristarco, e più chiaramente di tutti Niceta Siracusano, s' avvisarono che realmente fosse la terra in moto, ed in quiete il sole colle stelle. E' difficile a definirsi, se in questa opinione vi siano stati condotti dal loro ingegno; o piuttosto, se da essi raccolta nel caos di antiche oscure tradizioni, l' abbiano abbracciata per distinguersi e singolarizzarsi colla novità. Egli è certo, che al testimonio de' sensi, il cui potere è sommo ed imperioso, non si resiste, nè vi si rinunzia che con massima difficoltà, e solo a fronte di raziocinii e pruove chiare ed evidenti; del qual genere in favore del moto della terra nè ne aveano certamente, nè ne potevano avere gli antichi; giacchè il più luminoso, dedotto dall' aberrazione della luce, non si è scoperto che nel secolo prossimo passato. Non sembra inverisimile l' opinione di Bailly sull' esistenza di un popolo, il quale in Astronomia essendo pervenuto ad uno stato di perfezione forse maggiore della presente, nelle tante catastrofi del globo sia finalmente rimasto sepolto, e con esso il suo nome, il suo sapere, le sue scoperte, e le sue invenzioni. Quindi qualunque sia stata la sorte di questo popolo, possono benissimo essersi salvate dal general naufragio alcune verità principali, alcuni fatti, alcuni risultati grandiosi, che comuni erano nelle bocche di tutti, e possono esser venuti sino a noi senza che si possa rimontare alla loro origine.

E' una sola e medesima famiglia o sistema di corpi, a cui presiede il Sole (*a*), egli solo li rende a noi visibili, non hanno luce propria siccome lo dimostrano gli ecclissi ed i passaggi di Mercurio e Venere sulla faccia del Sole. Sferica è la loro figura non altrimenti che quella della luna; la struttura forse poco diversa da quella della nostra terra: com'essa soggetti ad alterazioni e cambiamenti, e forse com'essa popolati da infinite diverse

---

(*a*) Non ho quì riportati che i Pianeti, che si conoscevano dagli antichi, e che si possono vedere ad occhio nudo; ma più altri ne conta la moderna Astronomia, i quali distingue in *principali* e *secondarii*. I principali, compresi quelli degli antichi, sono, Mercurio, Venere, Terra, Marte, Cerere, Pallade, Giunone, Vesta, Giove, Saturno, Urano. Quest'ultimo, scoperto nel 1781 da Herschel, fa la sua rivoluzione in 84 anni, ed è della grandezza apparente di una stella di 6a grandezza. Cerere, Pallade, Giunone e Vesta si debbono agli ostinati travagli e ricerche tentate al principio del nostro secolo: tutti quattro assai piccoli, invisibili senza cannocchiale, situati tra Marte e Giove, quasi alle stesse distanze dal Sole, muoventesi in orbite che tra loro s' intersecano, e che descrivono in tempi pressochè uguali, sembra che formino una specie di famiglia o sistema a parte.

I pianeti secondarii, così detti, perchè soggetti a girare intorno ad un altro, non sono meno di diciotto: uno della Terra (la Luna), quattro di Giove, sette di Saturno, e sei di Urano. A Galileo debbonsi quei di Giove, che egli chiamò *stelle medicee*; Cassini Ugenio ed Herschel in tempi diversi scoprirono gli altri di Saturno, intorno a cui Ugenio il primo ravvisò ancora un anello, che poi da Herschel fu riconosciuto diviso in due: lo stesso Herschel finalmente giunse con portentosi teloscopii ad osservare i sei del suo pianeta. Si è dubitato che Venere ancora avesse un satellite, ma sino al presente niente si è potuto accertare. Sembra però assai probabile l'esistenza e di questo e di più altri, i quali o per la loro picciolezza, o perchè non si possono vedere da noi, che in alcune particolari posizioni; nè si sono riconosciuti ancora, nè forse si arriverà mai a riconoscerli,

specie di viventi (*a*). Tutte le quali cose, se così sono, possono per avventura farci congetturare, che non siano i pianeti che una emanazione del Sole medesimo, il quale dal suo seno, a guisa di vulcano ardente, abbia un dì sospinta fuori e slanciata nello spazio prodigiosa quantità di materia; che ruotando sempre, per le leggi di affinità di raffreddamento e di attrazione, si sia poi col tempo in varie masse e a diverse distanze raccolta divisa e organizzata.

§ 55 Quanto finora siamo venuti ragionando abbraccia in compendio le osservazioni più semplici, che presenta un primo aspetto del cielo; le conseguenze facili e naturali, che sembrano venirne; ciò che fluisce dalle combinazioni di questi primi risultati; i passi più avanzati che si possono fare senz' altra guida che quella di una indefessa e continua applicazione; i maggiori a cui possiamo giugnere coll' ajuto di qualche stromento facile ad immaginarsi non meno che ad eseguirsi; e finalmente le conchiusioni che derivano paragonando le osservazioni nostre colle più lontane, tentate avanti di noi. Le osservazioni principali sono certe ed indubitate, le circostanze

---

(*a*) Sino all' invenzione de' Teloscopii si tenne generalmente per certo, che i pianeti risplendessero con luce propria, e sino alla scoperta delle macchie solari, si vollero pur anche incorruttibili. Queste opinioni non furono de' soli antichi, ma degli Arabi, di Ticone, e dello stesso Keplero, il quale dimostrò in vero che la Luna non aveva altra luce, che quella che gli viene dal Sole; ma non osò poi ragionare nella stessa maniera trattando de' pianeti; e fondato su di un esperimento di niun peso, immaginò ch' essi avessero una doppia luce, la propria, e quella che ricevono dal Sole. Egli rinunziò finalmente al suo e comune errore, ma non vi rinunziò se non dopo che Galileo ebbe fatto osservare, che il disco de' pianeti è argenteo, tranquilla la luce, e terminata in cerchio; e che per l' opposto fiammeggiano le stelle nella guisa appunto di un corpo ardente.

di tempo e spazio, mal sicure; le conseguenze prive affatto di precisione; le dottrine imperfette ed equivoche. Tutto in sostanza non è che un imperfetto difettoso abbozzo del cielo. Tale si fu l'Astronomia de' Caldei, tale l'Astronomia de' Greci, e poco migliore quella di Alessandria, a cui Tolomeo diede il suo nome, e che si conservò quasi intatta fino ai tempi di Ticone e Copernico. Se, da quell'epoca in poi, essa ha interamente mutato di aspetto; se, riconosciuti gli errori che la deturpavano, ed eliminate le stravaganti supposizioni che ne impedivano i progressi, ha ricevuta nuova vita ed esistenza; se accresciuta a dismisura di osservazioni e scoperte, e basata su saldi principii, si è finalmente ridotta ad una sola semplicissima primitiva legge: tutto ciò non si dee che agli sforzi riuniti de' più grandi ingegni della passata e della presente età, alla invenzione, alla perfezione delle scienze più sublimi e delle arti più difficili. Ma prima di presentare questa scienza nella sua attuale grandezza, mi è parso conveniente appianarne la via, risalendo ai suoi primi principii, e indicando come di osservazione in osservazione, di conseguenza in conseguenza se ne siano gettati i fondamenti, e su di essi si sia innalzato il più portentoso edifizio, a cui per avventura potesse mai giugnere l'ingegno umano.

# LIBRO II.

## COGNIZIONI PRELIMINARI DELLA MODERNA ASTRONOMIA.

§ 1 L' Astronomia moderna procede per vie più sicure e ben diverse da quelle, che tentate ed esposte si sono nel libro precedente. Calcolo, stromenti, osservazioni, misura ed uso del tempo, tutto è nuovo o meglio inteso. La risoluzione dei problemi ed ogni sorta di calcolo è più semplice e più spedita; gli stromenti o nuovi o travagliati con maggiore intelligenza e maggiore maestria, e atti a dare non solo le grandi distanze, ma le minori ancora, cui non può giugnere l' occhio nudo; le osservazioni e meglio spogliate degli errori che già si conoscevano, e di altri, cui prima non si poteva sospettare, che andassero soggette; il tempo finalmente diviso in varie specie, in varie guise determinato, e misurato con somma precisione. Queste cose tutte formano propriamente la base della moderna Astronomia, e si possono comprendere sotto la denominazione generale di cognizioni preliminari. Esse pertanto si esporranno succintamente e quanto è di mestieri in questo secondo libro.

## ARTICOLO I.

### *Principio generale della risoluzione de' triangoli sferici.*

§ 2 L'Equatore, l' Ecclittica, l' Orizzonte, il Meridiano, e gli altri cerchii dai poli dei primi tre condotti alle stelle, sono i principali mezzi, che immaginato abbiamo, onde stabilire le posizioni di queste, e definirne i movimenti. Conviene dunque conoscere i rapporti che possono tra loro avere i lati e gli angoli, che dalle rispettive intersezioni di questi cerchii vengono a formarsi sulla superficie della sfera. Prima però gioverà qui riunire in breve le denominazioni, colle quali, secondo i diversi casi, sogliónsi distinguere e gli archi e gli angoli, come in parte abbiamo spiegato nel libro precedente. Pertanto si consideri l' astro 1° rispetto all' Orizzonte, al Meridiano e all' Equatore, e sia perciò (*Fig.* 11) HEZPO il meridiano, HVO l' orizzonte, EQ l' equatore, P il suo polo, e Z quello dell' orizzonte, S, s due stelle per le quali dal polo dell'equatore siano condotti i due archi PSA, P*sa*, e dal polo dell' orizzonte o sia dal Zenit siano condotti gli altri due ZSV, Z*sv*. 1° Nel triangolo AP*a*, chiameremo PA, P*a* *cerchii di declinazione* o *orarii*, SP *distanza polare* della stella S, AS *declinazione*, sP distanza polare della stella s, ed *sa* declinazione, e l' angolo AP*a* angolo *orario* delle due stelle S, *s*; per uguale ragione APE angolo orario della stella S riferita al meridiano, o sia sua distanza dal meridiano. 2° Nel triangolo ZSP, diremo ZP *distanza del Zenit dal polo* uguale sempre al complemento dell'*altezza del polo* sull' orizzonte, ZS *distanza dell'astro dal zenit*, SV, che ne è il complemento, sua *altezza* sull' orizzonte; l' angolo PZS, *Azzimuto*, ZSP *Angolo di variazione* o *Paralattico*, e gli angoli HZV, HZ*v* supplementi degli angoli

VZO, *vzo*, o sia degli azzimuti, quando l'astro è nell' orizzonte, ***amplitudini***, che si distingueranno in occidue o ortive, secondo che l'astro sarà nell' emisfero occidentale o orientale.

2° Si consideri l'astro rispetto all' ecclittica e all'equatore e sia (***Fig.*** 3) QV l'equatore, P il suo polo, EC l'ecclittica, ϖ il suo polo, ♈ il punto di ariete, e S una stella, per cui dai due poli si menino ai rispettivi cerchii gli archi PA, ϖL: sarà come si è detto nel primo libro (§ 34 e seg.) LS latitudine, L♈ longitudine, SA declinazione, e A♈ ascensione retta della stella S. **Ma di** più vuolsi considerare il triangolo SPϖ nel quale diremo *angolo di posizione* PSϖ, SPϖ *angolo al polo* dell' equatore, SϖP *angolo al polo* dell' ecclittica, SP *codeclinazione*, Sϖ *colatitudine*, e Pϖ distanza dei due poli P e ϖ, sempre misura dell' obliquità dell' ecclittica.

Nella figura 11 le due stelle S, s si sono supposte al Nord dell' equatore; se fossero al Sud, allora le rispettive distanze dall' equatore prenderebbero il nome di declinazioni *australi* e le loro distanze dal polo P, o loro codeclinazioni, sarebbero uguali alla declinazione più 90°. Lo stesso si dica (*Fig.* 3) della stella S riferita all' ecclittica: se sia al Sud della medesima, la sua distanza da quella si dirà latitudine *australe*: le altre denominazioni restano le stesse, così nell' uno come nell' altro caso.

§ 3 Ora la maniera di trovare i rapporti delle diverse parti di questi triangoli è appunto ciò che s' insegna dalla Trigonometria sferica, così detta, perchè i triangoli che considera s' intendono sempre formati sulla superficie di una sfera. Essa deve la sua origine all' Astronomia, di cui può ben dirsi che ne sia il linguaggio. Non è nostro intendimento di qui dare un trattato di questa parte delle Matematiche pure; poichè tanti ne abbiamo sommamente pregevoli, che ciò non servirebbe che ad accrescere il volume dell' opera senza alcun positivo

vantaggio. Ci contenteremo pertanto d' indicare il principio generale, a cui può essa ridursi, rimettendoci pel suo sviluppo a formole alla Trigonometria del Sig. Cagnoli, che trovasi nelle mani di tutti, e nella quale il suo rispettabile autore con molta nitidezza ha raccolto in poche tavole più di quanto in questi nostri elementi potremo aver mestieri. Egli è vero che il Sig. Cagnoli parte da altri principj; ma poichè gli ultimi risultati sono i medesimi, ciò non è di alcun momento.

§ 4 Il principio che siamo per esporre non dipende che dalla giusta idea, che dobbiamo formarci della misura degli angoli sferici, e da una proposizione di Trigonometria piana.

1° Misura degli angoli sferici. Se gli archi dal di cui incontro vengono gli angoli sferici, appartengono a cerchii di ugual raggio, e che hanno uno stesso centro, siccome quelli che veduto abbiamo formarsi sulla superficie della sfera; questi angoli non saranno, che le inclinazioni de' piani de' rispettivi cerchii. Ora la misura dell' inclinazione di due piani è l' angolo, che fanno due rette, condotte pei piani medesimi e perpendicolari alla loro sezione commune. Ma la tangente di un arco è perpendicolare al raggio condotto dal centro al punto, ove la tangente incontra l' arco: dunque se al punto d' incontro di due archi si menino le tangenti dei rispettivi archi, l' angolo da esse formato misurerà l' inclinazione de' due piani, e in conseguenza l' angolo sferico, fatto dai medesimi archi. Siano (*Fig.* 12) PA, P$a$ due archi di cerchii massimi della sfera che s' incontrano in P, e formano sulla sua superficie l' angolo AP$a$, sia ancora PC la commune sezione de' loro piani, e siano PT, P$t$ le tangenti degli archi PA, P$a$; egli è chiaro che l' angolo TP$t$ misurerà l' inclinazione de' due piani, e quindi l' angolo sferico AP$a$.

2° Teorema della Trigonometria rettilinea. In un

triangolo obliquangolo qualunque ( *Fig.* 13 ) il quadrato di un lato è sempre uguale alla somma de' quadrati degli altri due lati meno il doppio rettangolo di questi due lati, moltiplicato pel coseno dell' angolo da essi contenuto. Nel triangolo ABC abbassata sul lato opposto AC da B la perpendicolare BD, sarà $BC^2 = BD^2 + DC^2$, $BA^2 = BD^2 + AD^2$, $DC^2 = AC^2 - 2\,CD.AD + AD^2$, e $AD = AB$ cos. A, per essere BA : AD:: R ( $=1$ ) : cos. A. Fatte pertanto le opportune sostituzioni sarà $BC^2 = AC^2 + BA^2 - 2\,AB.AC.$ cos. A.

§ 5° Premesse queste due proposizioni possiamo passare alla dimostrazione del principio generale, da cui può ricavarsi tutta la Trigonometria sferica. Sia QAP ( *Fig.* 14 ) un triangolo sferico formato sulla superficie di una sfera, il cui centro C. 1° Da C s' intenda condotto in A il raggio CA; CA sarà la sezione comune de' due piani, in cui sono gli archi QA, AP. 2° Per questi piani si menino al punto A le due rette RA, TA perpendicolari al raggio CA, le quali formeranno l' angolo RAT uguale all' angolo sferico QAP. 3° Dal centro C si conducano per Q e P delle rette indefinite che incontreranno in R e T le perpendicolari, essendo CR nello stesso piano con RA, e CT con TA. Saranno dunque RA, AT le tangenti degli archi QA, PA; CR, CT le loro secanti, e l' arco QP misura dell' angolo RCT. Quindi per la proposizione sopra dimostrata. $\text{Tan.}^2\,AQ + \text{tan.}^2\,AP - 2\,\text{tan.}\,AQ\ \text{tan.}\,AP\ \text{cos.}\,A = \text{sec.}^2\,AQ + \text{sec.}^2\,AP - 2\,\text{sec.}\,AQ\ \text{sec.}\,AP\ \text{cos.}\,QP$. Ma $\text{sec.}^2 - \text{tan.}^2 = R^2 = 1$ Dunque trasportando il primo membro nel secondo $0 = 2 + 2\,\text{tan.}\,AQ\ \text{tan.}\,AP\ \text{cos.}\,A - 2\,\text{sec.}\,AP\ \text{sec.}\,AQ\ \text{cos.}\,QP$, e poichè sec. cos. $= R^2 = 1$, e tan. cos. $=$ R. sen., se tutti i termini si moltiplichino per cos. AQ cos. AP, si otterrà in fine $0 = \frac{\text{cos}\,AQ\ \text{cos.}\,AP + \text{sen.}\,AQ\ \text{sen.}\,AP\ \text{cos.}\,A - \text{cos.}\,QP}{2}$, e

cos. QP = cos. AQ cos. AP + sen. AQ sen. AP cos. A.
In qualunque triangolo sferico è dunque il coseno di un lato uguale al prodotto de' coseni degli altri due lati più il prodotto de' seni de' lati medesimi moltiplicato pel coseno dell' angolo da essi lati contenuto. Questo teorema contiene tutta la Trigonometria sferica, siccome lo ha fatto vedere il celebre Cavalier De - Lambre nel suo grande trattato di Astronomía Teorica e Pratica, ove da esso solo ne ha ricavato analiticamente tutte le proprietà de' triangoli sferici, e tutte le possibili formole, delle quali possono o potranno aver bisogno gli Astronomi.

## ARTICOLO II.

### *Stromenti*.

§ 6 Le osservazioni più essenziali che si fanno oggi giorno dagli Astronomi si possono ridurre a due specie principalmente; passaggi degli astri al meridiano, e loro altezze meridiane, o distanze dal vertice, che ne sono i complementi. Le distanze dal vertice si osservano con più sorta di stromenti, ma più comunemente col *Quadrante* o col *Cerchio*; i passaggi al meridiano con un cannocchiale, disposto nella direzione del meridiano medesimo, detto volgarmente *Stromento de' passaggi*, al quale va sempre unito un orologio o pendolo. Or, se è convenevole far conoscere da principio e questi e gli altri stromenti oggi in uso, è per altra parte cosa pressochè inutile, volerli minutamente descrivere. Giacchè, ove non si abbiano sotto gli occhi gli stromenti medesimi, o non mai o con la maggiore difficoltà si giunge a ben concepirli. Noi ci limiteremo quindi a brevemente accennarli, indicandone il loro uso, meccanismo e principali parti, onde sono composti. Con queste nozioni, ci lusinghiamo, che un giovine assistendo per poco tempo nell' Osserva-

torio potrà apprendere assai più, che non farebbe colla lettura, per più e più mesi, del migliore e più diffuso trattato di Astronomia strumentale. E poichè non vi ha forse stromento, di cui il Cannocchiale, il filo a piombo, il Livello, e il Vernier, o insieme, o separatamente non facciano parte, da essi vuolsi cominciare.

## CANNOCCHIALE.

§ 7 Ai Cannocchiali deve l' Astronomia moderna le sue più grandi scoperte, e la sua immensa superiorità sull' antica. Spetta all' Ottica a descriverne le loro diverse specie, darne la teoria, spiegarne la costruzione, e determinarne gli effetti. Quì a noi basterà d' indicare la natura e proprietà de' soli cannocchiali, di cui giovansi gli Astronomi.

§ 8 Le parti essenziali di questi sono due lenti convesso-convesse, collocate alle due estremità di un tubo. La lente rivolta verso l'oggetto dicesi *oggettiva*, e *oculare* l' altra a cui si pone l' occhio. Le due lenti sono disposte in modo, che i rispettivi loro fochi si riuniscono in un medesimo punto, detto *foco comune*. Quivi la lente oggettiva forma l' immagine dell' oggetto, e l' oculare l' aumenta in ragione della sua lunghezza focale a quella dell' oggettiva. L' immagine è sempre rovesciata da dritta a sinistra, e dall' alto al basso. L' angolo sotto cui si vede questa immagine dicesi *angolo ottico* della lente, e determina l' area visibile, o come suole dirsi il *campo* del cannocchiale, a cui si suole adattare un diafragma, onde rendere l' immagine più netta e distinta. E poichè per l' occhio inerme tanta è la chiarezza dell' oggetto, quanta è la luce, che entra per la pupilla; e per l' occhio armato, in ragione della quantità di luce, che passa per l' apertura del cannocchiale, saranno la chiarezza dell' oggetto e della immagine, come i quadrati de' raggi della pupilla e della lente oggettiva.

§ 9 Questi cannocchiali diconsi *acromatici*, quando la lente oggettiva è composta di due o più cristalli di diversa densità. Con questo mezzo si corregge, in parte almeno, la diversa rifrazione che soffrono i raggi nel passaggio dell' aere nel vetro, per cui l' immagine risulta sempre cinta intorno da una corona simile all' iride, che ne impicciolisce il campo, e non permette che piccoli ingrandimenti. A dargli maggior perfezione ancora, alla lente oculare si suole aggiugnerne una seconda, che rende l' immagine più precisa, e più grande il campo.

Nel foco combinato delle lenti oggettiva e oculare soglionsi collocare due fili, che a vicenda intersecandosi, danno un punto fisso, a cui riportare l' astro che si osserva. I fili perchè siano sempre tesi e fissi si dispongono in un telaretto, che con viti si ferma in quella interior parte del tubo, in cui con uguale chiarezza e precisione si possono vedere e i fili medesimi e l' astro.

### FILO A PIOMBO.

§ 10 Per misurare le distanze dal Zenit, egli è necessario conoscere questo punto, e noi non abbiamo altro mezzo di pervenirvi, che di trovare la linea più corta, che da esso possa menarsi a noi, o sia la *verticale*. Or la caduta dei gravi essendo sempre perpendicolare all' orizzonte, come risulta dall' esperienza; se l' estremità di un filo si sospenda ad un uncino, e l' altra estremità, a cui sia appeso un piombo, si lasci libera, dopo alcune oscillazioni, il filo si porrà in riposo. Il punto di sospensione indicherà dunque il zenit o vertice, e la parte del filo, frapposta tra questo punto e il piombo, la verticale. Nella parte superiore degli stromenti suole quindi sospendersi il filo, il di cui angolo colla visuale misura la distanza dell' astro dal zenit, e perciò nell' inferior parte segna sempre o il *o* delle divisioni, o la di-

visione corrispondente all' arco. Il piombo si fa scendere in un vaso pieno d' acqua all' oggetto di ridurre sollecitamente il filo allo stato di quiete, e d' impedire insieme che il filo medesimo, che deve essere sottilissimo, non venga a frangersi.

### LIVELLO.

§ 11 Varii sono i livelli, ma noi non faremo parola che di quello, che più generalmente si usa nella rettificazione dell' asse orizzontale degli stromenti.

Il filo a piombo è sempre perpendicolare alla superficie dell' acqua stagnante, e in istato di riposo. Dunque la superficie dell' acqua stagnante e tranquilla si confonde col piano dell' orizzonte astronomico. Su questa esperienza e suo corollario poggia la costruzione de' livelli in generale, e del nostro in particolare.

§ 12 Sia (*Fig.* 8) CD un tubo di vetro alquanto elevato da A in B, e ben cilindrico nel rimanente della sua capacità. Se si supponga riempito presso che tutto di alcool o di etere, chiuso ermeticamente, e collocato su di un piano orizzontale; la bolla di aria occuperà la parte superiore del tubo da A in B, poco più poco meno. Dunque semprechè la bolla occuperà il detto spazio AB, il livello sarà orizzontale. Si segni *o* nel punto di mezzo dello spazio AB, e si prendano a destra e a sinistra piccole parti uguali, che si marcheranno coi numeri 1, 2, 3 ec. Il tubo così preparato s' intenda riposto nell' armatura MXN, nella quale colla vite V possa alzarsi e abbassarsi, e per tal maniera ricondurre la bolla tra A e B.

§ 13 Questa machinetta è il livello, di cui più generalmente soglionsi servire gli Astronomi a collocare orizzontalmente i loro stromenti. La verga PQ rappresenti l' asse dello stromento, e s' intenda alla medesima ap-

h

peso il livello per mezzo de' suoi due bracci M, N.

1° Si noti il numero, a cui dall'una o dall'altra parte delle divisioni corrisponde l'estremità della bolla. 2° Si tolga il livello dalla verga, e vi si riponga nella posizione contraria, facendo passare il braccio N dalla parte di P e reciprocamente (dicesi *rovesciare* il livello), e si noti il numero a cui corrisponde la stessa estremità della bolla da principio considerata. 3° Colla vite S del sostegno della verga si porti la suddetta estremità della bolla sul numero indicato dal medio de' due precedenti, e la verga sarà orizzontale. A rendere orizzontale ancora il livello, colla vite V si porti tutta la bolla nel mezzo tra A e B. Per maggiore sicurezza si ricominci l'operazione, come se nulla si fosse fatto, e si replichi sino a che la bolla resti nel mezzo così nell'una come nell'altra posizione del livello.

§ 14 Se il tubo CD non sia graduato, ma solo accompagnato da due indici mobili, in tale caso tornerà meglio, nella prima posizione del livello portare i due indici sulle due estremità della bolla, nella seconda correggere metà dell'errore colla vite V e l'altra metà colla vite S, rovesciare nuovamente il livello, e replicare la stessa operazione, se la bolla non sia nel mezzo.

E' abbastanza chiara la ragione di queste operazioni, senza che sia necessario di recarne la dimostrazione, che ciascuno potrà fare a se stesso.

### VERNIER.

§ 15 Nella divisione di un arco nelle sue diverse parti, generalmente non si possono segnare sull'arco stesso che i gradi, mezzi, terzi o quarti, e quando il raggio è di 8 in 10 piedi, niente più della decima o duodecima parte di grado. A suddividere pertanto ciascuna di queste parti in minuti e secondi si sono immaginati

diversi artificii e metodi, de' quali il *Vernier* si è il più facile e più generalmente praticato.

Esso consiste in un indice graduato e di data grandezza, che si fa muovere sull' arco, e combaciare colle divisioni che vogliônsi suddividere. Ma prima d' indicarne la costruzione, e spiegare il modo di servirsene, è necessario premettere il seguente principio. Se due archi A, A' di raggio uguale e di uguale lunghezza siano divisi l' uno in un numero $n$ di parti tra loro uguali, e l' altro in numero $n - 1$ di parti, similmente uguali tra loro, la differenza tra una parte del primo, e una parte del secondo, sarà $\frac{A}{n-1} - \frac{A}{n} = \frac{A}{n.(n-1)} = \frac{A}{n-1} \times \frac{1}{n}$; cioè questa differenza sarà sempre una $n.^{ma}$ di ciascuna parte dell' arco diviso in $n - 1$ parti, una decima se uno sia diviso in 9, e l' altro in 10 parti, una ventesima se le divisioni siano in 19 e 20 ec.

§ 16 Sia ora (*Fig.* 9) DC parte dell' arco di un quadrante o cerchio diviso, a cagion d'esempio, di 20 in 20 minuti. Si prenda un altro arco NV dello stesso raggio di DC, ed uguale in lunghezza a diecinove divisioni di DC: si divida NV in 20 parti uguali, e per mezzo di una vite si renda mobile in modo sull' arco DC che le divisioni dell' uno si possano far coincidere colle divisioni dell' altro. NV sarà il Vernier, o indice con cui ciascuna divisione dell' arco DC si potrà suddividere in minuti.

Poichè egli è chiaro 1° che ciascuna divisione o parte del Vernier è minore di una ventesima di ciascuna parte o divisione dell' arco, o sia $= 1'$, per essere $A = 6° 20'$, $n - 1 = 19$ .. $n = 20$ perciò $\frac{A}{n-1} \times \frac{1}{n} = \frac{380'}{19} \times \frac{1}{20} = 1'$. 2° Che facendo coincidere la prima divisione del Vernier, o sia la divisione *o*, con una qualunque dell' ar-

co, per esempio colla divisione 23, l'ultima del Vernier (20) coinciderà colla diecinovesima dell' arco: ma la seconda del Vernier sarà distante dalla sua corrispondente sull' arco di 1', la divisione terza di 2', ec. e la ventesima di 19'. Dunque se si avanzi il Vernier da dritta a sinistra per mezzo della sua vite di richiamo, onde la seconda divisione coincida colla prossima divisione dell'arco, il Vernier si sarà allontanato per un minuto dalla divisione 23 dell' arco, se si avanzi maggiormente e la divisione (8) del Vernier venga in coincidenza con una divisione sull' arco, il vernier si sarà allontanato dalla divisione 23 per 8'. Generalmente il numero del vernier in coincidenza con una divisione qualunque dell' arco, indicherà il numero de' minuti per cui il (0) del vernier si è allontanato dalla divisione 23 dell' arco.

§ 17 Se vogliansi i mezzi minuti, in tal caso, essendo una divisione dell' arco di 40 mezzi minuti, converrà fare il vernier di 39 parti dell' arco, e dividerlo in 40 parti, ciascuna delle quali sarà minore di una quarantesima di ciascuna parte dell' arco. Poichè in questo caso $A = 13° = 780'$, $n = 40$, $n - 1 = 39$, $\frac{A}{n-1} \times \frac{1}{n} = \frac{780'}{39} \times \frac{1}{40} = 20' \times \frac{1}{40} = \frac{1'}{2}$. In generale col vernier si potranno sempre suddividere le parti di un arco in quel numero di parti minori, che tornerà più comodo. Sia m il numero de' minuti che contiene una divisione dell' arco, p il numero de' minuti e secondi in cui vuolsi suddividere; $\frac{m}{p} - 1$ sarà il numero delle parti dell' arco, a cui dovrà farsi uguale il vernier, da dividersi in un numero m di parti uguali. Se l' arco sia diviso di 5' in 5', e vogliasi suddividere di 5'' in 5'', sarà $\frac{m}{p} - 1 =$

$\frac{300'}{5} - 1 = 59$, e $\frac{m}{p} = 60$ cioè il vernier dovrà farsi uguale a 59 parti dell' arco, e dividersi in 60. Quanto finora si è detto della divisione degli archi per uguale maniera può applicarsi alla divisione delle rette.

§ 18 Il Vernier è così denominato dal nome del suo inventore Pietro Vernier: alcuni però ne danno l' onore a Pietro Nunnez, e perciò chiamasi ancora *Nonio*: ma la maniera di dividere di questo ultimo è assai diversa da quella del primo, sebbene il principio sia lo stesso.

### MICROMETRO.

§ 19 In alcuni stromenti al Vernier talvolta torna meglio sostituire una macchinetta, detta volgarmente *Micrometro*. Le sue parti principali sono, una piccola cassa MN (*Fig.* 15), un telaretto T*t* con braccio V a vite, e filo Ff, un circoletto C, e un Microscopio. Col circolo C si fa muovere il telaretto col filo entro la cassa; e col microscopio, convenevolmente adattato alla cassa medesima, si riportano le immagini delle parti dell'arco nel foco combinato delle due lenti oggettiva e oculare, al quale deve similmente corrispondere il filo F f. Il numero allora delle rivoluzioni, che dee fare il circolo C rispetto all' indice I, perchè il filo passi da un estremo all' altro dell' immagine di una parte dell'arco, darà i minuti, o secondi che corrispondono a ciascuna rivoluzione del circolo C, i quali si segnano sulla circonferenza del circolo stesso.

§ 20 E' facile a concepirsi, che se le parti dell'arco vogliansi dividere in una data ragione, converrà, allontanando o avvicinando il microscopio all' arco, proporzionare le immagini ai passi della vite. Così, se una parte dell' arco conterrà 10', come nella figura, e vogliasi dividere ogni minuto in secondi, l' immagine di una parte dell' arco dovrà esattamente corrispondere all' intervallo da o a 10, e il circolo, la di cui circonferenza sarà divisa

in 60, dovrà fare dieci rivoluzioni, perche il filo passi da 0 a 10.

§ 21 Il telaretto T*t* suole farsi ancora con due fili, uno mobile detto *cursore*, e l'altro *fisso*. In questo caso può servire alla misura dei diametri de' pianeti, allorchè sono nel meridiano, e può similmente servire alla misura delle distanze rispettive delle stelle doppie, ec.

### STRUMENTO DEI PASSAGGI.

§ 22 L'istrumento de' passaggi è formato da un cannocchiale con un asse, i di cui poli poggiano su due sostegni, fermati contro due pilastri, disposti nella direzione del meridiano. Nel foco del cannocchiale sono collocati sei o quattro fili, de' quali uno orizzontale, gli altri verticali; quel di mezzo de' verticali deve esattamente giacere nel piano del meridiano, e ad eguali distanze gli altri. De' due sostegni, l'orientale ha un movimento orizzontale, l'occidentale un movimento verticale, ed è accompagnato da un semicerchio graduato, destinato a diriggere il cannocchiale alla distanza che si vuole dall' equatore.

§ 23 Perchè questo strumento sia esatto i poli debbono essere perfettamente contornati, i sostegni a cono, e durissimi gli uni e gli altri; onde si abbia il minimo sfregamento, e la minima resistenza. E' inoltre necessario che la visuale, che passa pel centro dei fili ed il centro del telescopio, descriva sempre il meridiano: lochè ottiensi rendendo l' asse del detto strumento paralello all' orizzonte, e facendo passare la visuale pel vertice e per il polo. Si rende paralello l' asse del telescopio all' orizzonte per mezzo del livello sopra descritto; e coll' osservazione si dà ai sostegni la conveniente posizione, affinchè la visuale o asse ottico del telescopio passi pel zenit e per il polo. ( *Vedi fig.* 16 *tav.* II )

## OROLOGIO.

§ 24 L'Orologio Astronomico è ben diverso dai comuni, così da tasca, come da tavolino. Le parti principali di esso sono lo *scappamento* ed il *pendolo*. Il migliore de' scappamenti si è lo *staccato* e ad *ancora*, ed il migliore de' pendoli si è quello a *compensazione*, cioè composto di diverse verghe di metallo e di acciajo, disposte in modo, che quanto le une lo allungano dal basso in alto, altrettanto le altre lo raccorciano dall' alto in basso, cosichè nè pel caldo si distende, nè pel freddo si contrae, ma rimane sempre della medesima lunghezza, e le sue oscillazioni sono sempre di eguale durata.

## CERCHIO INTERO.

§ 25 Il cerchio intero, a ragione vuolsi riguardare come il primo e il migliore degli strumenti, di cui possa giovarsi l' Astronomia. Il quadrante e tutti gli altri non sono che sue parti più o meno grandi, e diversamente combinate. Nientedimeno il cerchio intero è stato l' ultimo a perfezionarsi, e introdursi negli Osservatorii. Palermo può gloriarsi di possedere il migliore che finora sia stato fatto. Esso è opera del celebre Ramsden, il quale con ingegnoso artifizio ne ha uniti due insieme, verticale l' uno, orizzontale l' altro.

§ 26 Il cerchio verticale è sostenuto da due bracci nel mezzo di quattro colonne, e il cerchio azzimutale o orizzontale stabilmente congiunto ad un cono, il di cui asse passa pel centro del cerchio medesimo. Due solidissime piastre rettangolari uniscono insieme colonne e cono facendone un tutto mobile tra due sostegni, in alto l'uno al basso l' altro. Il sostegno superiore è formato da una specie di collare, trattenuto da quattro archi su altretante colonne, e l' inferiore da tre cerchj, soprapposti l'uno

all'altro, e collocati su di uno zoccolo di marmo. Entra nel superiore un anello, che sorge dalla più vicina delle due piastre, contro la quale sono fermate le colonne, e poggia sull'inferiore il vertice del cono, che regge il cerchio azzimutale. Il vertice del cono e l'anello, sono i due poli dello strumento, cinto intorno da una specie di balaustrata.

§ 27 Il cerchio verticale è diviso in quattro parti, ciascuna di 90°, e ogni grado in dieci parti, cioè di sei in sei minuti. Il cerchio orizzontale è diviso in due parti, ogni parte in 180°, e ogni grado in sei parti di 10 minuti ciascuna. Per mezzo di due micrometri, fissati sulle colonne tra le quali giace il cerchio verticale, e di un terzo situato nella balaustrata, si divide ogni parte de' due cerchj in minuti e secondi, cioè co' primi due le divisioni del cerchio verticale, col terzo quelle dell'orizzontale. Le divisioni in ciascuno de' cerchj sono illuminate da altrettanti riflettori, e col soccorso di opportuni microscopj ingrandite sette volte circa.

§ 28 De' tre cerchj che formano il sostegno inferiore, immobile è l'uno, mobili gli altri due, ed il movimento dell'uno perpendicolare a quello dell'altro. Con questo meccanismo e col filo a piombo, si dà la posizione verticale a tutto lo stromento, e quindi l'orizzontale al cerchio azzimutale, per costruzione, perpendicolare all'asse dello stromento. Ma all'intera rettificazione è necessario ancora, che l'asse del cerchio verticale sia similmente orizzontale, e ciò si ottiene per mezzo di un livello microscopico, che si adatta ai due micrometri superiore ed inferiore del cerchio verticale. (*Vedi Fig.* 17) Ove si desideri una piena descrizione di questo stromento, si consulti il libro II. della *Specola Astronomica*.

§ 29 I vantaggi che presenta questo stromento non sono nè pochi, nè di poco momento. 1° La faccia del cerchio, su cui sono le divisioni, rimane interamente li-

bera dello stropicciamento di qualsisia vernier, a cui in questo stromento si è sostituito il micrometro, e quindi le divisioni medesime non si leggono sul cerchio, ma nel campo de' microscopii, ove sono riportate le loro imagini, e ne' quali sono collocati i fili del micrometro. 2° Le divisioni sono sopra un piano perfetto, e il movimento si fa su i poli medesimi, su i quali è stato travagliato, appianato, e diviso il cerchio. 3° Gli errori delle divisioni si possono immediatamente scoprire, leggendo le opposte, indi facendo fare un mezzo giro al cerchio, e rileggendo le divisioni medesime. 4° Si può situare nel meridiano con una esattezza non inferiore a quella del migliore stromento meridiano. 5° Si hanno a un tempo l'altezza e l'azimuto dell'astro, e quindi con una sola osservazione si può determinare la posizione di un astro qualunque. 6° Osservata la medesima stella nel meridiano, colle divisioni a levante, e poi a ponente, si ha l'errore dell'azzimuto, e l'altro della linea di collimazione. 7° In tutte le ore del giorno si può determinare l'effetto della rifrazione, a qualunque distanza dal vertice.

§ 30 Ma è sommamente difficile la costruzione di un simile strumento; nè vi è speranza che un artefice possa felicemente riuscirvi, ove non sia, e fornito di non comuni talenti, e peritissimo nella sua professione. Egli è forse perciò che il nostro è il solo che finora siasi fatto. Non è però necessario di unire due cerchj insieme. Il verticale può stare da se solo, collocato o tra due pilastri, o fermato contro un muro, disposti, questo e quelli, nella direzione del meridiano. Nel primo caso converrà far girare il cerchio sul suo asse, e nel secondo il cannocchiale sull'asse del cerchio. Di questa seconda forma si è quello ultimamente travagliato dal Traugthon per l'osservatorio di Greenwich.

§ 31 Le parti principali del *Quadrante* sono un arco di cerchio di 90°, un telescopio, ed un filo a piombo, che segna la quantità dell' arco compreso tra l' astro ed il vertice, o l' orizzonte. L' arco è diviso in gradi e parti di grado, ed è accompagnato da un vernier, con cui si può suddividere ciascuna parte in altre minori. Il telescopio ha nel foco combinato delle lenti, oggettiva ed oculare, un telaretto di fili ortogonali, disposti in modo, che uno possa rappresentare l' orizzonte, ed altrettanti verticali gli altri. Finalmente il filo a piombo è sospeso nella parte superiore dello stromento. Il quadrante ed il telescopio sono per tal maniera uniti insieme, che o il quadrante è mobile sul suo centro e fermo il telescopio, o mobile questo e fermo quello. Nell' uno e nell' altro caso il movimento deve sempre farsi sul centro del quadrante. Quando il quadrante è di sei in otto piedi di raggio si suole fissare contro un muro solidissimo, e fabbricato nella direzione del meridiano, ed allora dicesi *murale*; ma se non sia che di tre o quattro piedi si fa sostenere da un piede, e prende il nome di *quadrante mobile*.

§ 32 La bontà dello stromento dipende dalla perfezione del piano del quadrante, dall' esattezza dell' arco totale, e sue divisioni particolari, dalla nettezza delle divisioni medesime, dal movimento sempre concentrico, dal filo il di cui punto di sospensione deve corrispondere al centro del quadrante, e finalmente dalla nettezza ingrandimento e chiarezza del telescopio: la bontà delle osservazioni dipende dalla posizione precisa dello stromento nel piano del meridiano, dalla perfetta corrispondenza delle distanze vere ed osservate, e dalla perizia ed esercizio dell' osservatore.

### SETTORE AL ZENIT.

§ 33 Questo stromento e così detto per la piccolezza del suo arco, o perchè solo destinato a misurare le distanze dal zenit delle stelle, che non ne sono lontane più di sei in sette gradi. Esso è formato da un arco del raggio di 12 in 15 piedi, e non abbraccia che 12 in 15 gradi. Il (o) delle divisioni è nel mezzo dell' arco, che può rovesciarsi senza difficoltà, onde osservare le stesse stelle nelle due posizioni contrarie dello stromento. L'uso a cui è destinato, è principalmente a determinare colla maggiore precisione il (o) delle divisioni, o sia l' errore della linea di collimazione ne' quadranti murali. Ad un simile stromento è dovuta la scoperta dell' Aberrazione e della Nutazione.

### EQUATORIALE.

§ 34 E' questa macchina la combinazione di più cerchj insieme, destinati a rappresentare l' equatore col suo asse, un meridiano o cerchio di declinazione, e l' orizzonte: questo ultimo non è necessario che negli equatoriali portatili. Collocato una volta questo stromento all' altezza del polo dell' osservatore, in ogni tempo e colla maggiore facilità si possono rinvenire le stelle e i pianeti, che sono sull' orizzonte. Il settore equatoriale, e la macchina parallattica non sono che compendii dell' equatoriale, e non è che puro lusso l' orologio, che taluni vi uniscono. Poco si può contare sulle osservazioni fatte con simili stromenti; poichè tutti i movimenti dovendo essere sullo stesso centro, la costruzione ne è sempre più o meno imperfetta e difettosa. Gli equatoriali di Ramsden sono riputati i migliori.

§ 35 Il *Sestante di riflessione*, detto ancora sestante di Hadley dal suo inventore Giovanni Hadley, è stato immaginato per misurare le distanze angolari degli oggetti in qualunque loro posizione, e nel caso ancora, in cui l' osservatore non sia in un luogo fermo e stabile, come avviene su i vascelli. Infatti da principio fu giudicato utile solo per la marina, ma poi si conobbe, che poteva riuscire di uso grandissimo in tutta l' Astronomia.

§ 36 Sia AB un arco di cerchio, misura dell' angolo ACB ( *Tav. I. Fig.* 10 ), CD un asta o indice, mobile sul centro C; QP uno specchio collocato sull' asta, perpendicolarmente al piano del triangolo, e nella direzione del raggio o indice CD; yx un altro specchio similmente perpendicolare al piano del triangolo ACB, e paralello al lato CB, e quindi al primo specchio, quando il lato o asta CD coincide col lato CB. Parta ora un raggio dal sole in S e venga a cadere sullo specchio QP in M, dal quale sia riflettuto in F sullo specchio xy, e da questo all' occhio in O nella direzione dell' orizzontale OH. Secondo la nota proprietà della luce, che i raggi, diretto e riflesso fanno angoli uguali col piano del riflettore; sarà l' angolo SMC = FMD, e xFM = yFO, FNO = FON: ma IMC = HTC = TCO + TOC; FNO = MCN + CMN: dunque IMC = IMS + SMC = 2 NCM + CMN, e poichè SMC = CMN, IMS = 2NCM = 2DB.

§ 37 Ciò premesso è facile a intendersi e la costruzione e l' uso del sestante: poichè la costruzione in generale è abbastanza indicata dalla figura medesima, e riguardo all' uso, di altro non si tratta, che di rivolgere lo specchio dell' indice verso l' oggetto, di cui vuolsi misurare l' altezza, e muovere l' indice fino a che l' immagine riflessa dell' oggetto venga a toccare l' orizzonte in H.

Allora egli è chiaro che il moto angolare dell' indice da CB in CD sarà misurato dall' arco DB, sempre metà dell' altezza dell' oggetto sull' orizzonte.

§ 38 In mare l' orizzonte è determinato dal confine apparente delle acque col cielo; in terra, se non possa vedersi il mare, è necessario supplirvi con uno specchio piano, parallello all' orizzonte, detto *Orizzonte artificiale*. In questo caso però deve farsi attenzione, che il raggio riflesso prima di venire all' occhio dovendo cadere sull' orizzonte artificiale, egli è lo stesso, come se l' astro fosse tanto sotto l' orizzonte quanto realmente è sopra lo stesso. Perciò l' angolo osservato doppio del vero. Ma di questo stromento, della sua migliore costruzione, rettificazioni e uso così in mare come in terra, ne parleremo diffusamente nell' applicazione dell' Astronomia alla Nautica.

### CERCHIO RIPETITORE.

§ 39 Agli stromenti de' quali finora abbiamo parlato, i principali oggi in uso presso gli Astronomi, vuolsi aggiugnere il *Cerchio ripetitore*, da taluni riputato il più acconcio per ogni genere di osservazioni, e il più perfetto di quanti ne sono stati immaginati. Questo stromento ideato da Tobia Mayer a dare alle operazioni di Geodesia la maggiore possibile precisione, deve al Cavalier Borda la sua applicazione agli usi astronomici. Egli concepì la ingegnosa idea di volgere alternativamente il cerchio a levante e a ponente, e in una posizione far girare il cerchio stesso sul suo asse, e nell' altra il cannocchiale sul cerchio, e così replicare la misura dello stesso angolo su tutti i punti della circonferenza. Per la qual cosa qualunque errore sulle divisioni può finalmente rendersi affatto insensibile e nullo; ond' è che con uno stromento di tal genere, comunque di piccola mole, può ottenersi quella

precisione nelle misure, che appena è permesso di sperare da' quadranti del più gran raggio.

§ 40 Un cerchio con un cannocchiale, due livelli, ed una colonna con cerchio azzimutale costituiscono le parti essenziali del cerchio ripetitore, che suole impiegarsi nelle osservazioni astronomiche. Il cerchio è congiunto alla colonna da un ginocchio rettangolare, formato da due cilindretti, destinati a rappresentare i due assi de' movimenti orizzontale e verticale del cerchio. Il cilindretto verticale è mobile entro il cavo della colonna, e per esso si dà il movimento orizzontale al cerchio; il cilindretto orizzontale sostiene il cerchio, che muovesi verticalmente su di lui. Sul piano del cerchio è collocato il cannocchiale, mobile e solo e col cerchio stesso. De' due livelli, uno è sul cilindretto orizzontale, e l'altro sul piano del cerchio, e mobile intorno al centro del medesimo. I due livelli rispettivamente perpendicolari l' uno all' altro, servono a rimettere e conservare sempre, e il cerchio nella verticale, e intorno ad essa il suo movimento. Senza questa condizione, cioè che i due movimenti siano sempre nella verticale, lo stromento perde ogni suo pregio: ma questa appunto è la più difficile a conseguirsi. Essa dipende principalmente dalla costruzione, a perfezionare la quale, si sono quindi a vicenda impegnati e Astronomi e Artefici. Il Barone de Zach, e il Consigliere Reichenbach si sono in ciò particolarmente distinti, il primo come Astronomo, il secondo come Artefice. La figura 19 tavola II. potrà servire a dare una qualche idea di questo stromento (*a*).

---

(*a*) Questa descrizione non è diretta che a dare una idea dello stromento in generale, e de' suoi movimenti. Perciò si è ommesso di parlare dei vernier, delle divisioni, del cerchio azzimutale, su cui riposa la colonna, del telaretto de'fili nel centro del

§ 41 Premessa questa generale idea del cerchio ripetitore, rimane a vedersi per quale maniera la misura dello stesso angolo si possa ripetere sull' intera circonferenza del cerchio, e replicarla quante volte più piaccia. Sia (*Tav.* II. *Fig.* 20) ZN il cerchio, CL il cannocchiale, Z il zenit, S un astro, che supporremo immobile, e ZN la verticale, intorno a cui, e su cui debbono farsi i due movimenti orizzontale e verticale. A maggiore chiarezza il cerchio si consideri, come se fosse separato dalle altre parti dello stromento, e diviso di 60 in 60 gradi.

1ª *Misura*. 1° Si porti il cannocchiale sulla divisione (o) e il cerchio colle divisioni a levante nel piano che passa pel vertice e per l' astro. 2° Rimanendo fermo il cannocchiale si faccia girare il cerchio sul suo centro fino a che l' astro sia nel cannocchiale. Il cerchio sarà nella posizione della fig. 20, e la distanza dell' astro del vertice sarà misurata dall' angolo ZCS, che non si conosce. 3° Si rivolga la faccia del cerchio a ponente, facendogli fare un mezzo giro sul suo asse verticale, onde venga nella posizione della figura 21, sarà l' angolo ZCL = ZCS. Poichè l' astro A si suppone immobile, o sia la sua distanza dal zenit invariabile: dunque la distanza della divisione (o) dalla divisione indicata dalla linea C S, che va all' astro, sarà doppia della distanza dell' astro dal zenit. 4° Rimanendo fermo il cerchio si

---

cannocchiale, delle verificazioni ec. Tutte queste parti dettagliatamente descritte si possono vedere nella memoria *Exposé des operations faits en France en* 1787; e meglio nella grande opera del Cav. De-Lambre *Base du sisteme metrique decimal t.* 2 *pag.* 160. Ivi si troverà ancora l' uso di questo stromento nelle operazioni geodetiche, per le qu li è necessario un secondo cannocchiale, mobile come il primo sul centro del cerchio.

porti il cannocchiale sull' astro, esso descriverà un doppio angolo; se la distanza sia, per esempio, di 60°, il cannocchiale ne percorrerà 120 sul cerchio, come fig. 22. Si legga dunque il grado segnato dal cannocchiale, e si avrà la doppia distanza dell' astro dal vertice, che chiameremo *prima misura*.

2ª *Misura*. 1° Si rivolga la faccia dello stromento a levante, onde prenda la posizione della fig. 23. 2° Rimanendo fermo il cannocchiale sulla divisione 120, si faccia girare il cerchio fino a che l' astro giunga nel cannocchiale fig. 24. 3° Si rivolga la faccia dello stromento a ponente, facendogli fare il solito mezzo giro sul suo asse verticale, per averlo nella posizione della fig. 25. 4° Restando fermo il cerchio si porti il cannocchiale sull' astro, fig. 26, e in questa posizione si legga il grado segnato; l' arco percorso dal cannocchiale sarà doppio ancora della distanza dell' astro dal vertice, e quadrupla la sua misura presa sul cerchio, essendo tra le divisioni (o) e 240. Si ha dunque una *seconda misura*.

3ª 4ª ec. *Misura*. Si giri di nuovo la faccia dello stromento a levante, e si replichino le operazioni descritte per la 2ª misura, e si avrà la *terza misura* o sia l' angolo sestuplo. Replicandole per la quarta, la quinta volta ec. si avrà l' angolo ottuplo, decuplo ec. e così successivamente qualsisia altro multiplo, come meglio piacerà. Si legga l' ultimo angolo come si è letto il primo, alla loro somma si aggiunga il numero delle circonferenze intere, e si divida il tutto pel numero delle misure fatte, il quoto sarà la distanza cercata, e corretta degli errori delle divisioni di 60 in 60. Poichè la misura si è presa partendo dalla divisione (o); se si ricominci partendo da un' altra divisione, e poi da un' altra, e così progressivamente, si verrà in fine a replicare la medesima misura su tutte le divisioni.

§ 42 Tutto ciò è piano e facile in teoria, ma non

così nella prattica. 1° L'astro non è immobile, come da noi si è supposto, ma di continuo s' innalza o si abbassa, secondo che si osserva prima o dopo del suo passaggio al meridiano. Perciò vuolsi segnare il tempo, che corrisponde ad ogni osservazione; onde poi col calcolo ridurle tutte allo stesso momento, e alla stessa distanza dal vertice. 2° Non può osservare una sola persona, ma ne sono necessarie due per lo meno, una cioè che porti a vicenda sull' astro, ora il cannocchiale solo, ora questo col cerchio; l'altra che noti il tempo di ogni osservazione, e ritenga sempre il cerchio nella verticale per mezzo de' due livelli. Quanta fatica pertanto, e quanto tempo per una sola osservazione! Se veramente co'cerchj ripetitori si può conseguire quella precisione, che sembra che essi promettino, potranno al più servire per la verificazione di alcuni punti de' più essenziali dell' Astronomia, ma non mai per gli usi comuni, ai quali ove si volessero adattare, non oserei ben dire, se quindi sarebbe maggiore il danno o il vantaggio che potrebbe venirne alla scienza. Io certamente non avrei fatto ne meno la centesima parte de' miei travagli, se avessi osservato con tal genere di stromenti.

## ARTICOLO II.

*Errori a cui vanno soggette le osservazioni.*

§ 43 Si crede generalmente che siano gli astri in quella parte del cielo appunto, che viene indicata dall'occhio, e che da qualunque luogo essi si mirino, si debbano veder sempre nello stesso sito. Tutto ciò è ben lontano dal vero, e più cause concorrono a quest' inganno. L'Astronomia antica ne conobbe due, che sono le principali, la *rifrazione* e la *paralasse*; altre due ne scoprì la moderna l' *Abberrazione* della luce, e la *Nutazione dell'as-*

*se terrestre*. Voglionsi conoscere da principio le une e le altre; ma non è necessario esporle minutamente e in tutte le loro parti. Basterà accennarne quanto è mestieri a concepirne gli effetti, e spogliarne le osservazioni. Ove poi saremo più avanzati, e tornerà più in acconcio parlarne, se ne darà compita spiegazione.

### RIFRAZIONI.

§ 44 La luce, che di sua natura si propaga sempre in linea retta, più non obbedisce a questa legge, quando da un ambiente o mezzo passa in un altro di diversa densità. Si frange allora e piega, e ci fa vedere gli oggetti più alti che non sono, siccome lo dimostra un remo nell' acqua, e una moneta posta nel fondo di un catino, prima vuoto, poi ripieno d' acqua. Questo frangimento si chiama *Rifrazione*, e ad essa è soggetta la luce che viene a noi dal sole, e dagli astri tutti; come quella, che deve passare dal mezzo etereo nell' atmosfera, e pei diversi strati di essa, diversamente densi.

§ 45 Sia AB la superficie della terra, EKG la superficie esteriore dell' atmosfera, che la circonda, e la di cui densità è sensibile sino all' altezza di 45 miglia circa, siccome viene comprovato dai crepuscoli: sia ancora A il luogo dell' occhio, ed MK un raggio di luce procedente da un astro in M, e che cade obliquamente sull' atmosfera in K. Se ivi non incontrasse alcun ostacolo, o mezzo diverso da quello per cui prima camminava, continuerebbe nella medesima direzione, ed anderebbe ad incontrare la verticale ZC in *a*, nè dall'occhio si vedrebbe l' oggetto. Ma incominciando in K un mezzo di maggiore densità, il raggio MK all' ingresso alquanto si piega, e quanto più si avanza, incontrando sempre strati più densi, sempre maggiormente si piega e ripiega, e l' ultima piegatura si fa in A. Noi pertanto che non pos-

siamo giudicare della posizione degli oggetti, che secondo la direzione de' raggi nell' ultimo istante, allorchè colpiscono l' organo della visione; sulla direzione dell' ultima piegatura riportiamo l' astro che vediamo in N, e non in M, ove realmente trovasi collocato. L' angolo NKM, che esprime la somma di tutte le piegature del raggio, dall' suo ingresso nell' atmosfera fino a che giunge a colpire l' occhio, è ciò che propriamente chiamasi *Rifrazione Astronomica*.

§ 46 Se dal centro C per K si conduca il raggio indefinito CR, che incontra perpendicolarmente la superficie refringente in K, si avranno i due angoli RKM, RKN, dei quali il primo formato dal raggio incidente MK colla perpendicolare RK chiamasi d' *incidenza*, ed il secondo, formato colla stessa perpendicolare dal raggio rifratto NK dicesi di *rifrazione*.

Ora perchè gli strati laterali dell' atmosfera sono uguali e simili dall' una e dall' altra parte del raggio incidente, non potrà esso deviare dalla sua prima direzione, che in forza del solo strato di atmosfera che giace nel piano, condotto pel raggio stesso e la verticale. Dunque gli angoli, incidente e rifratto, saranno sempre in questo piano, e i loro seni in una ragione costante, che non dipenderà che dalla maggiore o minore densità dell'atmosfera medesima.

§ 47 Quindi 1° La rifrazione sarà tutta in altezza.

2° Passando il raggio da un mezzo meno denso in uno più denso, la rifrazione avvicinerà l' astro al zenit, e lo allontanerà dall' orizzonte.

3° Al zenit non vi sarà rifrazione, l' angolo d' incidenza essendo (o), e in conseguenza (o) il rifratto ancora.

4° La rifrazione si renderà sensibile a qualunque più piccola distanza dal zenit, e anderà sempre crescendo sino all' orizzonte e sotto di esso. Poichè quanto l'astro sarà più basso, tanto maggiore sarà lo strato di at-

mosfera, compreso tra la verticale e il raggio.

5° Gli astri essendo fuori dell' atmosfera, alla stessa distanza dal zenit, le rifrazioni loro saranno le stesse.

6° Le distanze degli astri dal meridiano contate sull' orizzonte, che diconsi azzimuti, non saranno punto alterate dalla rifrazione, che sempre agisce nella verticale.

7° L' angolo orario, o sia la distanza dell' astro dal meridiano, e la sua distanza dal polo, non si conservano le stesse; la quale cosa è facile a vedersi, conducendo dal polo ai due luoghi dell' astro, apparente e vero, due archi di cerchio massimo.

8° L' astro che nasce o tramonta, quando per noi tocca l' orizzonte è sempre sotto del medesimo.

9° L' azzimuto dell' astro, quando da noi si vede nell' orizzonte, non è lo stesso col suo azzimuto, quando realmente vi giunge. Nasce questa differenza dal camino obliquo dell' astro medesimo.

§ 48 La scoperta della refrazione sarebbe di ben poco momento, se a un tempo investigata non si fosse la sua quantità alle diverse distanze dal vertice. Grandi fatiche in questa ricerca si sono sostenute da uomini sommi, e mercè loro siamo oggidì arrivati a conoscere molto accuratamente la correzione, che quindi deve farsi alle osservazioni.

Due mezzi si sono a ciò impiegati, l' osservazione, e la teoria delle forze centrali; ma dipendendo l' una e l' altra da principj, che non si sono esposti ancora, quì basterà darne un idea.

1° *Metodo*. L' osservazione consiste nel comparare l' altezza osservata di una stella, che è sempre affetta dalla rifrazione, coll'altezza medesima spogliata di questo effetto. Si supponga una stella, che passi pel zenit; se essa si osservi nelle sue diverse distanze, sino all' orizzonte, e si osservino insieme i corrispondenti azzimuti; dall' osservazione al zenit se ne dedurrà la sua declinazio-

ne, non affetta dalla rifrazione, e da questa declinazione combinata coll' altezza del polo, e co' diversi azzimuti osservati, se ne conchiuderanno tutte le altezze senza rifrazione. Le differenze tra le une e le altre saranno le rifrazioni alle diverse distanze osservate. (*Nel libro seguente si vedrà, come data l' altezza del polo, l' azzimuto, e la declinazione delle stelle, si possa sempre rinvenire la loro distanza dal zenit.*) Con questo metodo si è da me costrutta la parte principale della tavola delle rifrazioni, che si troverà in fine di questo articolo. In essa da 38° di distanza dal zenit a 89° le rifrazioni si sono stabilite sulle sole osservazioni, e da 0° a 38° sull' osservazione e sulla teoria; e questa (qualunque essa sia), da 0° a 38° non può lasciare alcun dubbio, o incertezza. La-Caille agli azzimuti ha sostituiti gli angoli orarii, Bradley le declinazioni del sole e le stelle circompolari; ma gli angoli orarii sono poco sicuri; e così le declinazioni come le stelle circompolari non possono servire che per un piccolo numero di distanze. Generalmente colla sola osservazione non si possono ottenere le rifrazioni per tutti i gradi dal zenit all' orizzonte: è necessario accoppiarvi la teoria.

2° *Metodo*. Dalla teoria delle forze centrali, applicata ad un raggio di luce, che dall' etere passa nella nostra atmosfera, si può conchiuderne il rapporto della distanza apparente alla distanza vera dell' astro dal zenit, o sia rinvenire la somma delle deviazioni che soffre il raggio dal suo ingresso nell' atmosfera fino al suo arrivo all' occhio, qualunque sia l' angolo d' incidenza. Simpson, Lambert, Oriani, Le-Place, ed altri hanno tentata la soluzione di questo problema, ciascuno, partendo da quelle ipotesi, che ha giudicato più sicure, sulla densità de' diversi strati dell' atmosfera, sulla progressione del calore, e sulle altre cause che possono turbare la primitiva direzione della luce. Il Simpson per verità suppone

le densità uniformemente decrescenti dal basso in alto, e non già proporzionali ai pesi comprimenti, come risulta dalle sperienze barometriche; niente di meno la sua formola è la più semplice, la più spedita, e per avventura la meglio comprovata dalle osservazioni. Di questa sola noi ne mostreremo l' uso.

§ 49 La formola del Simpson è $m.\text{sen}.a = \text{sen}.(a - nr)$; dove $m$ ed $n$ sono due quantità indeterminate, $a$ la distanza apparente di un astro dal zenit, ed $r$ la rifrazione, che gli corrisponde: supposta un' altra distanza $a'$ e la sua rifrazione $r'$, sarà $m.\text{sen}.a' = \text{sen}.(a' - nr')$; dalle quali due equazioni si avranno i valori di $m$ ed $n$ espressi nelle quantità $a$ ed $a'$; $r$ ed $r'$; e sono

$$m = 1 - \left\{\frac{n^2 r^2 + mr.\text{cot}.a.\text{R}.}{2\text{R}^2}\right\} = 1 - \left\{\frac{n^2 r^2}{2\text{R}^2} + \frac{mr\,\text{cot}.a}{2\text{R}}\right\}.$$

$$n = 2\text{R}\left\{\frac{r.\text{cot}.a - r'.\text{cot}.a'}{r^2 - r'^2}\right\}.$$ R indica il raggio espresso in secondi di arco, e serve a rendere omogenee le quantità.

Dalle mie osservazioni di parecchie stelle circompolari, avendo dedotto la rifrazione a diverse distanze dal vertice, e sostituite le une e le altre nelle precedenti formole di $m$ ed $n$, ho trovato $m = 0{,}9982639$ ed $n = 6{,}25781$. Onde $0{,}9982639\ \text{sen}.\ a = \text{sen}.\ (a - (6{,}25781)r)$ e quindi a qualunque distanza dal vertice, si potrà sempre trovare la rifrazione. Si cerchi per esempio a 45° di distanza. Sarà

Log. di 0,9982639 . . . . . . . 9,9992454
Log. del seno di 45° 0'. 0" . . . 9,8494850

Log. Sen. di . 44. 54. 2,2 . . 9,8487204
Differenza . . . . . . 5.57,8..0 sia 357",8. suo log. 2,553640
Log. del numero $n$. . 0,7964203 . . . compl. 9,203580
Log. della rifrazione a 45° di distanza appar. 1,757220

Si ha quindi per questa distanza 57″,18, o sia 57″,2, come sta nelle mie tavole, i quali si debbono aggiugnere alla distanza osservata per correggerla della rifrazione.

§ 50 La nostra tavola delle rifrazioni, e quindi i valori di *m* ed *n* introdotti nella formola del Simpson, suppongono la densità dell'aria, espressa da una colonna di mercurio di 29,6 pollici inglesi, e il calore del grado 50 del termometro di Farenheit. Ma il caldo ed il freddo cagionano alterazioni continue nell'atmosfera, e ben di rado accade, che il termometro segni 50.° e 29,6 il barometro. La densità non sarà quindi quale si è supposta, e le rifrazioni così calcolate, che chiamansi *medie*, diverse da quelle che realmente soffrirà la luce, che diconsi *vere*, e le quali unicamente si possono e debbono applicare alle osservazioni. E' dunque necessaria una correzione, che riduca le rifrazioni medie in vere. Su di ciò molto si è travagliato dai Fisici, e dagli Astronomi, e dopo replicate sperienze e saggi il Bradley ha stabilito il seguente canone.

*Le rifrazioni medie stanno alle rifrazioni vere, o sia alle rifrazioni per un altro qualunque grado del termometro, ed altezza del barometro, in ragion composta dalla diretta dei barometri, ed inversa del numero 350, aumentato del grado del termometro, al numero 400.* Per lochè chiamando $r$ la rifrazione vera, $\varrho$ la media, $a$ l'altezza del barometro, $\alpha$ il grado del termometro, sarà $r = \frac{\varrho \cdot a \cdot 400}{29,6\,(350 + \alpha)}$. Il Dottor Maskeline ha calcolato il fattore $\frac{a \cdot 400}{29,6 \cdot (350 + \alpha)}$ pei diversi valori di $a$ da 29 a 31 pollici, e pei valori di $\alpha$ dal grado 20mo all' 80mo, e prendendo gli eccessi sopra l' unità, o i complementi alla medesima, ha formata una tavola assai co-

moda per si fatta riduzione; la quale da me si è estesa sino al grado 85$^{mo}$ del termometro.

§ 51 Se il barometro non sia sul piede inglese, e il termometro diverso da quello di Farenheit, a giovarsi del canone di Bradley prima converrà fare la dovuta conversione di questi in quelli; o altrimenti, valersi delle formole, che da altri date si sono per ciascuna specie di barometri e termometri. Un tempo i barometri generalmente facevansi sul piede inglese, o su quello di Parigi, e i termometri sulla scala di Farenheit, o su quella di Reaumur; oggi sono in uso ancora i termometri centigradi, e i barometri divisi in ragione o parti del metro. Nel termometro di Reaumur la parte del tubo, che giace tra i termini dell' acqua bollente e della neve fondente, è divisa in 80, nel centigrado in 100, e in quello di Farenheit in 180, ma in questo il principio della numerazione, o sia il grado o non è al punto della neve fondente, ma 32° sotto, e perciò all' acqua bollente segna 212. Riguardo a' barometri, i piedi inglese di Parigi e metro sono nel rapporto de' seguenti numeri: 118097 : 125815 : 387318. Si possono quindi stabilire i seguenti tre precetti per la riduzione de' barometri e termometri.

1° Riduzione del barometro francese in pollici, decime ec. del piede inglese. Sia F = numero de' pollici francesi; f = numero delle linee, decime ec.; I = numero de' pollici inglesi, i = numero delle decime, centesime ec.; si avrà $I = F + 1,907 - (29 - F)\, 0,066 \ldots$ $i = f \times 0,089$ e quindi $I + i$ la riduzione che si cerca.

2° Riduzione del barometro metrico in misure inglesi. Dal numero indicato dal barometro metrico si sottragga il numero 0,6857, si divida il residuo per 253, e alla parte intera del quoto si aggiunga il numero 27, la somma sarà l' altezza del barometro in misure inglesi.

3° Riduzione de' termometri di Reaumur e centigrado in quello di Farenheit.

Sia il grado del termometro di $\begin{cases} \text{Reaumur} = R \\ \text{Centigrado} = C \\ \text{Farenheit} = F \end{cases}$

si ha $F = \frac{9}{4} R + 32 \ldots F = \frac{9}{5} C + 32$

Si noti che nel graduare il termometro è necessario il barometro, il quale deve segnare l'altezza, che avrebbe se fosse al pelo del mare, e il termometro 50 gradi; per ugual maniera quando si divide la scala del barometro è necessario il termometro, che deve segnare similmente 50 gradi, o un altro grado di convenzione.

§ 52 Le rifrazioni medie possono variare ancora, senza che venga a variare nè l'altezza del barometro, nè il grado del termometro. 1° L'aere in uno stato di siccità, secondo Le-Roy, diversamente si espande di quello faccia in uno stato di umidità, sebbene la temperatura sia la medesima. 2° I venti recano continue nuove correnti di aria, le istantanee mutazioni della quale, non si possono rendere sensibili nè al barometro, nè al termometro. 3° Il fluido elettrico, che certamente nè aumenta, nè diminuisce la densità dell'aria, esso pure, (come sembra apparire da parecchie mie osservazioni) agisce sulla luce, e ne turba la direzione. 4° Con qualche fondamento si può sospettare che delle diverse sostanze aeriformi, che si sviluppano dalla terra, e s'introducono nell' atmosfera, alcune, indipendentemente dallo stato del barometro e termometro, alterino le rifrazioni. Perciò riguarda l'umidità e la siccità, abbiamo, egli è vero, l'igrometro, ma questo stromento è assai imperfetto, nè ancora si è saputo tirarne profitto. Le altre cause sono troppo incerte, ed incostanti. Quindi è che comunque si correggano le rifrazioni colle indicazioni ba-

rometriche e termometriche, lasciano sempre qualche incertezza, la quale è tanto maggiore quanto l'osservazione è più vicina all'orizzonte.

§ 53 Sulla tavola che siegue delle nostre rifrazioni, è da notarsi 1° che sono esse un po' diverse da quelle degli altri Astronomi, alcune in più, altre in meno. Se questa differenza debba ripetersi dalla diversità de' luoghi o da imperfezione nelle osservazioni non è facile a definirsi. Poichè non è dimostrato ancora, che le rifrazioni medie debbano essere le stesse in tutt' i climi. 2° In detta tavola, alla stessa distanza dal zenit la rifrazione è la stessa, sia che si osservi al sud, o al nord, la quale cosa non è generalmente ricevuta. Alcuni opinano il contrario, e tra gli altri il Sig. Carlini in una sua pregevolissima memoria inserita nelle Effemeridi di Milano an. 1807 e 1808. Ivi su molte osservazioni egli stabilisce che dal zenit a 85° di distanza le rifrazioni sono le stesse dall' una e dall' altra parte, ma da 85° all' orizzonte più grandi al nord che al sud. A 85°. 30′ la differenza è di 2″,1, la quale va crescendo e giunge a 36″ a 88° 30. In questo osservatorio di Palermo, il Monte Pellegrino, che giace al Nord, impedisce ogni osservazione oltre il grado 84.

# RIFRAZIONI MEDIE

## SULL' ORIZZONTE DI PALERMO.

| *Distanza apparen. dal zenit* | *Rifrazione* | | | *Distanza apparen. dal zenit* | *Rifrazione* | | | *Distanza apparen. dal zenit* | *Rifrazione* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G. | M. | S. | 10 | G. | M. | S. | 10 | G. | M. | S. | 10 |
| 1 | 0. | 1, | 0 | 31 | 0. | 34, | 5 | 61 | 1. | 44, | 0 |
| 2 | 0. | 2, | 0 | 32 | 0. | 35, | 8 | 62 | 1. | 48, | 4 |
| 3 | 0. | 3, | 0 | 33 | 0. | 37, | 2 | 63 | 1. | 53, | 2 |
| 4 | 0. | 4, | 0 | 34 | 0. | 38, | 6 | 64 | 1. | 58, | 1 |
| 5 | 0. | 5, | 0 | 35 | 0. | 40, | 1 | 65 | 2. | 3, | 5 |
| 6 | 0. | 6, | 0 | 36 | 0. | 41, | 6 | 66 | 2. | 9, | 3 |
| 7 | 0. | 7, | 0 | 37 | 0. | 43, | 2 | 67 | 2. | 15, | 6 |
| 8 | 0. | 8, | 1 | 38 | 0. | 44, | 8 | 68 | 2. | 22, | 4 |
| 9 | 0. | 9, | 1 | 39 | 0. | 46, | 4 | 69 | 2. | 29, | 7 |
| 10 | 0. | 10, | 2 | 40 | 0. | 48, | 1 | 70 | 2. | 37, | 8 |
| 11 | 0. | 11, | 2 | 41 | 0. | 49, | 8 | 71 | 2. | 46, | 8 |
| 12 | 0. | 12, | 2 | 42 | 0. | 51, | 6 | 72 | 2. | 56, | 5 |
| 13 | 0. | 13, | 2 | 43 | 0. | 53, | 4 | 73 | 3. | 6, | 2 |
| 14 | 0. | 14, | 3 | 44 | 0. | 55, | 3 | 74 | 3. | 18, | 3 |
| 15 | 0. | 15, | 4 | 45 | 0. | 57, | 2 | 75 | 3. | 31, | 9 |
| 16 | 0. | 16, | 4 | 46 | 0. | 59, | 2 | 76 | 3. | 47, | 3 |
| 17 | 0. | 17, | 5 | 47 | 1. | 1, | 4 | 77 | 4. | 4, | 9 |
| 18 | 0. | 18, | 6 | 48 | 1. | 3, | 6 | 78 | 4. | 24, | 3 |
| 19 | 0. | 19, | 7 | 49 | 1. | 5, | 8 | 79 | 4. | 27, | 9 |
| 20 | 0, | 20, | 8 | 50 | 1. | 8, | 2 | 80 | 5. | 16, | 1 |
| 21 | 0. | 22, | 0 | 51 | 1. | 10, | 6 | 81 | 5. | 47, | 4 |
| 22 | 0, | 23, | 1 | 52 | 1. | 13, | 3 | 82 | 6. | 28, | 3 |
| 23 | 0. | 24, | 3 | 53 | 1. | 16, | 0 | 83 | 7. | 19, | 5 |
| 24 | 0. | 25, | 5 | 54 | 1. | 18, | 8 | 84 | 8. | 24, | 9 |
| 25 | 0. | 26, | 7 | 55 | 1. | 22, | 4 | 85 | 9. | 45, | 4 |
| 26 | 0. | 28, | 0 | 56 | 1. | 25, | 6 | 86 | 11. | 42, | 6 |
| 27 | 0. | 29, | 3 | 57 | 1. | 28, | 8 | 87 | 14. | 25, | 1 |
| 28 | 0. | 30, | 6 | 58 | 1. | 32, | 3 | 88 | 18. | 2, | 7 |
| 29 | 0. | 31, | 9 | 59 | 1. | 36, | 0 | 89 | 23. | 46, | 1 |
| 30 | 0. | 33, | 2 | 60 | 1. | 39, | 8 | 90 | 32. | 3, | 0 |

§ 54 Si è già accennato (§ 47 *Lib. I.*) come nella guisa medesima che un oggetto qualunque veduto da due luoghi diversi corrisponde a punti diversi dell' orizzonte; così un astro guardato da siti diversi del nostro globo, apparisce in luoghi diversi del cielo. Dalla quale cosa egli ne viene, che le nostre osservazioni non si possono comparare nè tra di esse, nè colle altrui; se prima non siano ridotte ad un punto medesimo, che sia comune a tutte, determinato di posizione e in un costante rapporto col movimento degli astri. Le quali condizioni unicamente verificandosi sul centro della terra, ad esso è necessario ridurre le osservazioni, o sia dobbiamo correggerle in modo, come se in vece di osservare dalla superficie della terra, osservato da noi si fosse dal suo centro. La differenza tra l' osservazione fatta alla superficie, e l' osservazione al centro è ciò che chiamasi *Parallasse Astronomica*, che potrebbe più generalmente definirsi, *differenza tra i due luoghi di un astro, veduto a un tempo, e sul suo asse di rivoluzione, e in una data distanza dal medesimo*. Finora abbiamo supposto che l' asse della rivoluzione delle fisse passasse per l' occhio nostro, che quindi si è considerato come il centro della sfera, che col suo movimento diurno sembra seco trasporti tutti gli astri; ma la cosa è ben diversa, e per avventura non vi è un solo caso, in cui l' occhio realmente non sia fuori dell' asse di rivoluzione: sebbene riguardo alle stelle, a cagione dell'indefinita distanza, in cui sono da noi, qualsivoglia più piccola differenza non si sia ancora renduta sensibile.

§ 55 Sia C il centro della terra, O il luogo dell' osservatore alla superficie, R″, R′, R tre punti pei quali passa successivamente un astro dall' orizzonte salendo al zenit; e sia Z *a b c d* il confine, a cui vanno a ter-

minare i raggi visuali condotti dalla superficie e dal centro della terra all' astro. Diremo luogo *apparente* dall'astro quello in cui si vede dalla superficie, e *vero* l'altro che si osserva dal centro. Così, essendo l' astro in R″, *d* ne sarà il luogo apparente, e *c* il vero.

Quindi 1° Essendo *c d* la differenza tra il luogo apparente ed il vero, e misurando quest' arco l' angolo cR″*d*, formato al centro dell' astro dai due raggi condotti dalla superficie e dal centro della terra all' astro, sarà quest' angolo la misura della paralasse.

2° Quando l' astro è al vertice si vede nello stesso luogo così dalla superficie, come dal centro della terra: poichè in questo caso, l' astro l' osservatore e il centro C sono in una medesima linea: dunque al vertice non vi è paralasse, o sia la paralasse è zero.

3° Nei due triangoli COR″, COR′ essendo CO comune, CR″ = CR′, e l' angolo COR″ retto, e l' angolo COR′ ottuso; sarà sempre l' angolo CR″O maggiore dell' angolo CR′O: poichè sen. COR″: sen. COR′ :: sen.CR″O sen. CR′O; ma sen. COR″ = al raggio, e quindi maggiore di sen. COR′. Nell'orizzonte la paralasse è dunque massima, cioè la più grande, o l' astro sia sopra, o sia sotto. Nell' orizzonte dicesi paralasse *orizzontale*, sopra e sotto di *altezza*.

4° Poichè l' angolo al centro dell' astro è sempre nel piano che passa per l' astro e pel vertice, la paralasse sarà tutta in altezza, o sia l'effetto della paralasse non cade che sopra l' elevazione dell' astro sull' orizzonte.

5° L' angolo ZO*d*, misura della distanza del luogo apparente dell' astro dal zenit, essendo sempre maggiore dell' angolo ZC*c*, misura della distanza vera; egli è chiaro che l' effetto della paralasse è di allontanare gli astri dal vertice. Se dunque dopo osservata la distanza di un astro dal vertice, si voglia saper quella che sarebbe stata, essendo noi al centro della terra, non deesi far

altro che sottrarre dalla nostra osservazione la paralasse di altezza.

6° Nel triangolo COR″ essendo CR″ : CO : : sen. COR″ (= 1) : sen. CR′O $= \frac{CO}{CR'}$; sarà il seno della paralasse orizzontale uguale al raggio della terra diviso per la distanza dell' astro.

7° Nei due triangoli COR″, COR′, essendo CR″: CO:: sen. COR″ (= 1) : sen. CR″O, e CR′: CO : : sen. COR′ : sen. CR′O; si avrà 1 : sen. CR″O : : sen. COR′ : sen. CR′O. Quindi chiamando P la paralasse orizzontale CR″O, e $p$ la paralasse di altezza CR′O, sarà 1 : sen. P : : sen. COR′: sen. $p$; ma sen. COR′ = sen. ZO$b$, distanza apparente dell' astro dal zenit: dunque il seno della paralasse di altezza è uguale al seno della paralasse orizzontale moltiplicata pel seno della distanza apparente dal zenit.

Dunque le paralassi d' altezza di due astri egualmente lontani dal vertice, ma a diverse distanze dalla terra sono proporzionali alle paralassi orizzontali, e queste in ragione inversa delle rispettive distanze dal centro.

8° Si chiami la distanza apparente dell' astro dal zenit D, sarà generalmente sen. $p$ = sen. P. sen. D; e poichè D = all' angolo R′OZ = OCR′ + OR′C, fatto OCR′ = C = alla distanza vera dell' astro dal zenit, sarà sen. $p$ = sen. P. sen. (C + $p$) = sen. P sen. C. cos. $p$ + sen. P cos. C. sen. $p$ = sen. $p$. Perciò dividendo i due membri di questa equazione per cos. $p$ si ha tan. $p$ = sen. P (sen. C + tan. $p$ cos. C) e tan. $p$ =

$$\frac{\text{sen. P sen. C}}{1 - \text{sen. P. cos. C}}$$

espressione, che si trasforma nelle serie

$$\frac{\text{sen. P sen. C}}{\text{sen. 1}''} + \frac{\text{sen.}^2 \text{ P sen. 2 C}}{\text{sen. 2}''} + \frac{\text{sen.}^3 \text{ P sen. 3 C}}{\text{sen. 3}''} \text{ ec. ec.}$$

$=p$, nella quale la divisione per sen. 1′, sen. 2″ ec. serve a convertire in arco i seni di P ec. Pertanto se colla paralasse orizzontale sarà data la distanza apparente dell' astro dal zenit, si troverà la paralasse di altezza colla prima formola, e se sarà data la distanza vera, caso più comune, si farà uso della seconda, o della serie, in cui si è convertita, della quale però basterà prendere i primi due termini, ove pel valore di $p$ non si cerchino che le decime di secondo.

9° La paralasse allontanando l'astro dal zenit, deve alterarne la sua ascensione retta, e la sua declinazione. Sia ZM (*Fig.* 29) il verticale dell'astro, A il suo luogo vero, B l'apparente, e P$a$, P$b$ due cerchii di declinazione condotti pei luoghi vero e apparente dell'astro. Egli è chiaro che l'AR e la declinazione dell'astro in A è diversa dall'AR e declinazione dall'astro in B, e così l'angolo orario di un luogo diverso dell'angolo orario dell'altro. Ma è facile passare dal triangolo ZAP al triangolo ZBP. Nei due triangoli la paralasse non cambia nè il lato ZP, nè l'angolo in Z, ma solo il lato AZ colle quantità che ne dipendono. Si cerchi pertanto colla formola precedente la paralasse in altezza, la quale aggiunta a ZA, darà ZB, e quindi nel triangolo BZP si potrà calcolare trigonometricamente il lato BP e l'angolo BPZ, d'onde si avrà l'AR e la declinazione dell' astro affetta dalla paralasse. Per ugual maniera dal triangolo ZBP si potrà passare al triangolo ZAP.

10° In forza della parallasse variando l'AR e la declinazione, deve similmente variare la longitudine, e la latitudine dell'astro. Si avranno dunque altre specie di parallassi, che sogliونsi distinguere co' nomi di *parallasse di longitudine*, e *parallasse di latitudine*. L'uso delle parallassi è frequentissimo e indispensabile in Astronomia, da esse dipendendo il calcolo delle osservazioni della luna, e de'pianeti, quello degli ecclisi solari, del-

le occultazioni delle stelle, delle longitudini in mare, e di più altri problemi. Ove si esporranno tali materie, daremo le formole opportune delle parallassi che le risguardano. Quì basti notare, che tutte le paralassi dipendono da quella di altezza, e questa dall'orizzontale, che in conseguenza vuolsi determinare colla maggiore esattezza.

11° Nel triangolo CR″O all' orizzonte, si chiami $\delta$ la distanza CR″ dell' astro dal centro della terra, e $\rho$ il raggio CO della terra, sarà $\delta : \rho :: 1 :$ sen. CR′O $=$ sen.P

$=$ sen. $\frac{\rho}{\delta}$ : perciò sen. $p =$ sen. $\frac{\rho}{\delta}$ sen. D (8°), e per

un astro che sia ad una distanza $\delta'$ dal centro della terra, ma alla stessa distanza D dal zenit sarà sen. $p' =$

$=$ sen. $\frac{\rho}{\delta'}$ sen. D : quindi sen. $p$ : sen. $p'$ : : sen. $\frac{\rho}{\delta}$ sen. D:

sen. $\frac{\rho}{\delta'}$ . sen. D : : sen. P : sen. P′, e poichè le paralassi

finora osservate non eccedono il grado, ai seni degli archi si potranno sostituire gli archi medesimi; perciò 1° $p : p' :$ P. P′, 2° $p : p' :: \delta' : \delta$.

12° Essendo i diametri apparenti di un astro veduto a distanze diverse in ragione inversa delle distanze medesime, se si chiamino $\alpha$ ed $\alpha'$ i diametri alle distanze $\delta$, $\delta'$, si avrà $\alpha : \alpha' :: \delta' : \delta ::$ P : P′. Le paralassi di un astro veduto a diverse distanze dalla terra sono dunque proporzionali ai suoi diametri apparenti.

E poichè alla stessa distanza i diametri apparenti di più corpi sferici, come sono gli astri, stanno nella ragione de' diametri reali; quindi saranno nella ragione delle paralassi alla distanza medesima. Perciò se si dica il doppio della parallasse della terra, o del suo angolo osservato dal sole al diametro della terra, così il diametro ap-

parente di un astro alla distanza del sole da noi, al quarto termine; sarà esso uguale al diametro reale dell'astro, espresso nel diametro reale della terra. Per tale maniera, se i diametri apparenti de' pianeti si riducano alle distanze della terra dal sole, i loro diametri reali si potranno esprimere in diametri della terra.

§ 56 Rimane ora a dirsi per quale maniera si possa osservare e determinare la parallasse orizzontale, da cui dipendono tutte le altre. Più metodi si sono a ciò immaginati dagli Astronomi, noi non ne indicheremo che due soli, e i più facili a concepirsi.

*Primo metodo*. Si osservi l' astro di cui si cerca la parallasse, quanto più sia possibile vicino all' orizzonte, ed alla distanza osservata si aggiunga la rifrazione corrispondente: questa distanza così corretta, non differirà dalla vera che pel solo effetto della paralasse di altezza. Pertanto colla declinazione dell'astro, azzimuto osservato, e distanza del zenit dal polo si calcoli la distanza vera, al che potrà servire la $7^a$ formola del Cagnoli per la risoluzione de' triangoli obliquangoli (*Tav. VIII.*). Sia (*fig.* 29.) ZA la distanza calcolata, ZB la distanza osservata e corretta della rifrazione, sarà ZB − ZA = $p$, paralasse di altezza, e sen. $p$. = sen. (ZB − ZA), e quindi sen P = $\frac{\text{sen. } (ZB - ZA)}{\text{sen. } ZB}$. Ma se questo metodo è facile e spedito, non è però capace di molta precisione: con esso appena si può ottenere la paralasse entro due in tre minuti di certezza. Applicato alla luna, si è trovata la sua parallasse di 57′.

§ 57 Il *secondo metodo* richiede due osservatori collocati sotto uno stesso meridiano, e distanti in longitudine quanto più sia possibile; la posizione più favorevole è a 180° l' uno dall' altro. Nel passaggio dell' astro al meridiano ciascuno di loro deve osservarne la distanza

m

dal vertice e correggerla della rifrazione: le due distanze così corrette, e comparate colle rispettive altezze polari, daranno quanto è necessario per dedurne la parallasse orizzontale.

Sia C il centro della terra, ZHZ′ il meridiano, EQ l'equatore, M il luogo di un osservatore situato nell'emisfero boreale, N il luogo dell'altro nell'emisfero australe, S l'astro di cui si cerca la parallasse. Sarà $Za$ la distanza dell'astro dal zenit per l'osservatore in M, e $ba$ la parallasse di altezza; $Z'd$ sarà la distanza dell'astro dal zenit per l'osservatore in N e la parallasse di altezza $bd$. Quindi ai seni delle parallassi potendosi sostituire gli archi, sarà 1° $ba = P.\ \text{sen}.\ Za$. 2° $bd = P.\ \text{sen}.\ Z'd$. 3° $ba + bd = ad = P.(\text{sen}.\ Za + \text{sen}.\ Z'd)$ ma $ad = (Za + Z'd) - (ZE + Z'E)$, perciò $P = \dfrac{(Za + Z'd) - (ZE + ZE)}{\text{sen}.\ Za + \text{sen}.\ Z'd}$. Se dunque dalla somma delle distanze dal vertice, si sottragga la somma delle due altezze polari, ed il residuo si divida per la somma dei seni delle distanze, il quoto sarà la parallasse orizzontale.

§ 58 Su questo metodo si noti 1° che se i due osservatori sono nello stesso emisfero due casi possono accadere 1° che la linea, che dal centro della terra si suppone condotta all'astro, passi tra i due zenit degli osservatori, 2° che passi sotto o sopra di entrambi. Nel primo caso dalla somma delle due distanze osservate si sottragga la differenza delle due altezze polari, e si divida il residuo come prima; nel secondo dalla distanza maggiore si sottragga la minore accresciuta della differenza delle altezze polari, e la differenza divisa per la differenza dei seni delle distanze darà la quantità che si cerca.

2° Se i due osservatori non siano sotto lo stesso meridiano converrà tener conto del movimento dell'astro in

declinazione, in ragione dell' intervallo trascorso dalla prima alla seconda osservazione.

Per dare un esempio del caso in cui i due osservatori sono sotto lo stesso meridiano, ed in emisferi diversi si supponga, che a 48.° 50'. 14" di latitudine boreale si sia trovata la distanza del centro del sole dal vertice di 45.° 2'. 55"; e contemporaneamente sotto lo stesso meridiano e a 30.° di latitudine australe si sia osservata di 33.° 47'. 30", ciascuna delle due distanze corretta dalla rifrazione, sarà:

Somma delle due distanze dal vertice . . . . . . . . . 78.° 50'. 25".
Somma delle altezze polari de' due osservatori . - . . . 78. 50. 14

Differenza . . . . . . . . . . . . . . . . 11 .. log. 1,0413932
Somma dei seni delle due distanze 1,26389 . Compl. del log. . . . 9,8982873

Quindi la parallasse . . 8",7 . . . . log. . . 0,9396805

§ 59 Siccome però questo metodo può lasciare su i risultati l'incertezza di più secondi; così non è punto adatto a rinvenire la parallasse solare; la quale, per essere quantità molto piccola, e la base insieme di tutto il sistema solare, presenta insieme le maggiori difficoltà e la maggiore importanza. Infatti non si è giunto alla sua misura, che dopo 20 secoli di travagli, viaggi, e calcoli, nè vi si è giunto per altra via, che colle osservazioni de' replicati passaggi di Venere sul disco del sole. Con questo mezzo del quale si parlerà a suo luogo, si è essa stabilita da altri di 8",6, e da altri di 8",8, di modo che attualmente il dubbio non cade che su 0",2. Intanto se il secondo metodo non è sufficiente per la parallasse del sole, utilissimo deve riguardarsi, siccome è stato, per la luna principalmente, e per gli altri pianeti.

§ 60 La parallasse essenzialmente dipendendo dalla distanza dell' astro così dal centro della terra, come dal luogo dell' osservatore, variando una di queste quantità, o tutte due insieme, deve corrispondentemente variare la parallasse. Ora le orbite de' pianeti non sono nè circolari, nè concentriche alla terra, e questa è più elevata all' equatore che ai poli, siccome altrove si è detto. La parallasse adunque sarà diversa in grandezza, e secondo il punto dell' orbita in cui si troverà il pianeta, e secondo il diverso punto del nostro globo, in cui sarà collocato l' osservatore. Ad ovviare a questo inconveniente si è pensato dagli Astronomi d' investigare e stabilire per ciascun pianeta la parallasse che gli compete, essendo nella sua distanza media dalla terra, e l' osservatore situato all' equatore, la quale in conseguenza si può chiamare parallasse *equatoriale media*. Alla medesima è poi necessario applicarvi due correzioni, delle quali la prima dipende dalla distanza vera del pianeta, e la seconda dal luogo dell' osservatore: questa seconda però non è sensibile che per la luna, a noi sì vicina, e ad essa viene unicamente applicata.

§ 61 Le parallassi più essenziali a conoscersi sono quella del sole, e quella della luna. La prima, come sopra ho accennato, è stata trovata di 8",6 o al più di 8",8, e questa si è la media, da cui, così la massima, come la minima appena differiscono di 0",15. La seconda, nella distanza minima della luna dalla terra, e all' equatore, giunge a 1.° 1'. 29", e nella massima distanza si riduce a 53'. 30", nè l' incertezza di questi valori oltrepassa li 4". Quindi la parallasse equatoriale media risulta di 57'. 39," 5, la quale fuori dell' equatore si deve correggere in ragione della distanza dal medesimo. Nè ciò è di molta difficoltà. Il raggio terrestre equatoriale, secondo le più esatte misure, è di 3445,5 ed il polare di 3432 miglia, la differenza di 11,5: la variazione del-

la parallasse dall'equatore al polo, sarà dunque di 1",5 circa. Giacchè la parallasse media contiene a un di presso tanti secondi, quante miglia contiene il raggio medio della terra.

### ABERRAZIONE DELLA LUCE.

§ 62 Fino a Bradley generalmente si pensò dagli Astronomi che la rifrazione e la parallasse potessero solo cagionare delle discrepanze sulle osservazioni: le quali, corrette da tali errori, in qualunque tempo e luogo si fossero tentate, non dovessero presentare altre differenze, se non se quelle, che seco recar dovevano la precessione ed i movimenti proprii degli astri. In questa persuasione avendo pertanto il sovralodato Astronomo intrapreso ad osservare diverse stelle, onde stabilirne la parallasse, in luogo di questa, conobbe, che le medesime andavano soggette a certe variazioni periodiche, da alcuno nè conosciute, nè sospettate ancora. Si fece quindi colla maggiore diligenza per tre anni successivi, primo a verificare il fatto, indi ad investigarne la spiegazione, che felicemente rinvenne, accoppiando insieme la successiva propagazione dalla luce coll' annuo movimento della terra.

§ 63 Se la propagazione della luce fosse istantanea, il moto della terra intorno al sole non potrebbe farci vedere le stelle in un luogo diverso da quello in cui sono; poichè l' orbita intera della terra essendo a guisa di un punto rispetto alla distanza nostra dalle fisse, i raggi che a noi vengono da una medesima stella, si possono considerare come paralelli; perciò, o siamo in uno o in un altro luogo, essi ci colpiranno sempre nella medesima direzione. Similmente, se la terra fosse in quiete, la successiva propagazione della luce non ci potrebbe impedire di riportare le stelle al loro vero luogo. Poichè in questo caso conservando il raggio la sua primitiva direzione,

qualunque sia il tempo che possa impiegare a venire a noi, sempre l'oggetto ci apparirà nel sito, da cui è partita la luce. Ma se la terra sia in moto e successiva la propagazione della luce, allora, il raggio che percuote la retina, sarà a un tempo spinto da due forze, da quella della terra, comune all' occhio, e dall' altra della luce. Quindi secondo il principio della composizione delle forze, il raggio dovrà alquanto deviare dalla prima direzione; e come noi giudichiamo della posizione degli oggetti a norma dell' ultima direzione del raggio, riporteremo l' astro in un luogo, diverso da quello ond' è venuta la luce. Questa deviazione chiamasi *abberrazione della luce*.

Sia C una stella, che manda i suoi raggi sulla terra secondo direzioni sempre paralelle a CB; sia ancora G una particella del raggio CB, che da G perviene in B nel tempo istesso che l' occhio da A passa in B. La particella di luce giunta in B riceverà l' impressione o movimento dell' occhio, per cui se non fosse animata da altra forza, in un tempo eguale a quello da G in B anderebbe di B in P nella direzione AB; ma essa non potendo passar oltre, dalla propria forza è insieme respinta in G. Descriverà dunque la diagonale BD, e l' impressione ricevuta dall' occhio sarà la medesima, come se il raggio fosse venuto da D direttamente. Il punto G dicesi luogo *vero* dell' astro, il punto D luogo apparente, ed il triangolo GBD triangolo d' *abberrazione*. E poichè per tre punti non si può far passare che un solo piano, il luogo vero e l' apparente saranno sempre nello stesso piano.

§ 64 Da tutto ciò se ne possono ricavare i seguenti corollarj. 1° L' aberrazione non dipende che dal rapporto delle rispettive velocità della terra e della luce, o sia dagli spazj AB, GB descritti in un medesimo tempo dalla terra e dalla luce. Niente v' influisce la distanza dell' astro dalla terra.

2° La luce del sole, nelle sue distanze medie, impiegando 8'.13' a venire a noi, che è quanto a dire in 8'.13'' percorrendo 815o546o miglia, e la terra nello stesso tempo descrivendo un arco di 79o3 miglia, saranno la velocità della luce e della terra : : 815o546o : 79o3 : : 1o313 : 1.

3° Se la direzione del raggio sia perpendicolare alla strada dell' occhio, siccome succede nella luce solare, l' aberrazione sarà sempre di 2o'': poichè BG : GD : : raggio : tan. GBD : : 1o313 : 1 : : R: tan. GBD = 2o''.

4° Se l' astro sarà fuori dell' ecclittica, l' aberrazione, che nell' ecclittica è sempre di 2o'', e niente in latitudine, muterà e la longitudine, e la latitudine dell' astro.

5° Il cambiamento in longitudine crescerà a proporzione che l' astro avrà una maggiore latitudine: giacchè l' arco di aberrazione si prende nel cerchio che passa pel luogo vero e il luogo apparente dell'astro. Quindi se nell' ecclittica non è che di 2o'', nella regione della stella, in cui si trasporta questo archetto, diverrà esso di un numero maggiore di secondi.

6° Se il movimento annuo della terra fosse minore, o maggiore la velocità della luce, l' aberrazione diminuirebbe, e viceversa.

7° Il movimento diurno della terra essendo sommamente piccolo rispetto al movimento della luce, generalmente non si suole tenerne conto. In 8'.13'' il moto diurno di un punto della terra è 122 miglia circa, ed il moto della luce nello stesso tempo di 815o546o; è dunque la velocità del primo a quella della seconda, come 1 a 668o74, e in conseguenza l' aberrazione che quindi ne risulta o'',3 la quale non può essere sensibile all' occhio dell' osservatore, che quando la latitudine dell' astro è oltre a 8o°. Nella polare il suo effetto giunge a 8'' di arco.

8° Se la velocità della luce di qualche stella non

si conservasse sempre la stessa, ipotesi per verità interamente gratuita, muterebbe l'aberrazione della medesima.

9° L'aberrazione facendo piegare il raggio dalla parte, verso cui si muove la terra; nella direzione della medesima il luogo apparente precederà sempre il luogo vero, o sia il luogo apparente dell'astro sarà sempre avanti il luogo vero rispetto alla terra.

10° L'effetto dell'aberrazione considerato nelle AR ora le aumenta, ora le diminuisce, ed ora non vi cagiona alcuna variazione. Quando il moto della terra è verso la stella l'aberrazione è addittiva, sottrattiva essendo nella direzione contraria, e nulla nel passaggio dall'una all'altra. Poichè nel primo caso l'aberrazione allontana la stella dalla sezione di Ariete, nel secondo l'avvicina, e nel terzo il luogo vero e il luogo apparente corrispondono allo stesso punto del cielo.

11° L'effetto dell'aberrazione dee similmente cagionare delle variazioni sulle declinazioni, ora abbassando, ed ora innalzando l'astro rispetto al piano dell'equatore, secondo la direzione della terra.

Dagli Astronomi si sono calcolate tavole generali e tavole particolari per l'aberrazione così in AR, come in declinazione. De-Lambre ha date le prime; per valersi delle quali è necessario conoscere l'AR, e la declinazione delle stelle, ed inoltre il luogo del sole. Mezger ha pubblicato un volume, in cui col solo luogo del sole, si ha l'aberrazione da applicarsi alle principali fisse. Il Barone De-Zach ne ha pubblicato un altro assai più ampio. Nei diversi volumi della *Connoissance des temps* sono inserite altre tavole simili per più altre stelle. Nel libro seguente daremo e le formole da cui dipendono e quanto altro possa giovare all'uso e intelligenza delle medesime. Per ora basti di averne indicato i principii.

§ 65 Scoperta l'aberrazione della luce, e determinata la legge, onde conoscere nei diversi tempi dell'anno quanto il luogo apparente di un astro dovesse per questa causa differire dal vero, ben tosto si conobbe, che ancora rimanevano a spiegarsi alcuni altri piccoli movimenti, il di cui periodo non poteva rinchiudersi nel giro di un anno, siccome avveniva dell'aberrazione. La declinazione delle stelle situate nel coluro de' solstizii, dal 1727 al 1736, si andò di anno in anno facendo sempre minore, indi cominciò ad aumentare colla medesima gradazione con cui aveva diminuito, e nel 1745 si trovò la stessa che si era osservata nel 1727. Le altre stelle presentarono variazioni analoghe, le quali tutte si spiegarono assai bene, supponendo che in quest' intervallo il polo dell' equatore avesse descritto un ellisse, il di cui centro fosse il punto medio delle variazioni medesime, l' asse maggiore di 20″, e nella direzione del coluro de' solstizii, ed il minore di 15″ nella direzione del coluro degli equinozii.

Osservazioni e spiegazione tutto fu opera dell' immortale Bradley, e meglio sviluppata la teoria dell' attrazione tutto si trovò conforme alla medesima. La luna, il di cui nodo ascendente nel giro di 18 anni e 224 giorni con moto retrogrado fa l' intero giro dell' ecclittica, nelle sue declinazioni massime non è sempre alla medesima distanza dall' equatore, ma a vicenda e se ne allontana e se gli avvicina: è nella massima distanza, essendo il ☊ nella sezione di Ariete, e nella minima, quando giunge in ♎. Ora, poichè la terra è 11 miglia più elevata all' equatore che ai poli, questa sua parte, e perciò tutta la terra, non sarà sempre ugualmente attratta dalla luna, ma in un tempo più, in un altro meno. Risulterà quindi una specie di bilanciamento sul polo della terra, per cui sembrerà che a vicenda si alzi e si abbassi,

*n

avvicinandosi alle stelle che sono da un lato, e allontanandosi da quelle che sono dall' altro lato. Nel 1727 il ☊ era in Ariete, nel 1736 giunse in ♎, e nel 1745 ritornò in Ariete, sempre con moto retrogrado. Il periodo delle variazioni osservate è dunque lo stesso col periodo del nodo lunare, da cui dipende l'ineguaglianza delle declinazioni massime della luna.

Questo bilanciamento, cagionato dall' azione ineguale della luna sulla parte più elevata della terra, è ciò che propriamente chiamasi *Nutazione dell' asse terrestre*. Il suo influsso si rende egualmente sensibile sulle AR. e sulle declinazioni, e dipende dal luogo del nodo lunare nell' ecclittica, e dalla posizione delle stelle. Come si sono calcolate le tavole per l' aberrazione, così si sono similmente calcolate per la Nutazione, e le une sono sempre accoppiate alle altre, di maniera che le correzioni da farsi per questa parte alle osservazioni sono facili e semplici. Ma e della nutazione e della aberrazione ne parleremo più distesamente nel libro seguente. Quando finora abbiamo detto sù questi due fenomeni non è stato che per darne un' idea, (necessaria in questo luogo) e tempo insieme alla mente di riflettervi sopra, prima di passare a dimostrare le formole generali che quindi ne dedurremo.

## ARTICOLO III.

### *Tempo e sua misura*.

§ 66 Il tempo non è rispetto a noi che l' intervallo che disgiunge le cose passate dalle presenti. Il cambiamento o sucessione de' nostri pensieri ce ne presenta una ben chiara idea: la rimembranza di quei che ebbimo, l' intima coscienza di quei che abbiamo sono due epoche assai distinte, ciò che le separa, ecco il tempo. A misurare quest' intervallo, questa separazione, niente più acconcio

del moto. Un corpo non può essere a un tempo in più luoghi: non giunge da uno ad un altro che passando per gl' intermedj. Se siamo certi che in ciascun punto della linea che percorre è spinto dalla stessa forza, il suo moto sarà uniforme, e le parti di questa linea si potranno prendere per misura del tempo impiegato a descriverla. Generalmente, qualunque moto, purchè sia invariabile, costante, siccome richiede l' essenza di ogni misura, potrà servire per misurare il tempo. Gli Astronomi ne usano di tre sorta, il moto apparente del sole vero, del sole medio, delle stelle. Dal primo si ha il tempo *vero*, dal secondo il *medio*, dal terzo il *sidereo*.

§ 67 In rigore il sole vero non si potrebbe impiegare per misura del tempo. Poichè nè il suo movimento di occidente in oriente è uniforme, nè la direzione del medesimo è nell' equatore, sul quale unicamente si può contare il tempo. Nientedimeno, siccome col suo ritorno al meridiano forma il giorno, e l' anno col ritorno all' equinozio, così si è unanimamente convenuto di prenderlo per prima misura del tempo. L' intervallo pertanto tra due successivi meriggi costituisce il giorno astronomico, mentre il giorno civile non è che dall' orto all' occaso, e la notte da questo a quello. Si divide questo intervallo in 24 ore, che si contano da un mezzodì all' altro che gli succede, e le quali, siccome è chiaro, non possono essere uguali. Ma ciò nell' uso civile non arreca alcun incommodo, e per gli usi astronomici, col solo medio vi si ripara nella più sicura maniera.

§ 68 Il sole vero non essendo pertanto adatto per se solo a misurare esattamente il tempo, si è pensato di sostituirvene un altro, da esso essenzialmente dipendente, ed il cui movimento sull' equatore sia sempre uniforme. Si suppone perciò, 1° un secondo sole che descrive l' ecclittica con moto uniforme, e trapassa il suo grand' asse insieme col sole vero, 2° Un terzo sole che con

moto sim'lmente uniforme percorre l' equatore, rimanendo sempre nella stessa distanza angolare da o di ♈, in cui trovasi il secondo sole nell' ecclittica. Col secondo sole si distrugge l' ineguaglianza cagionata dal moto ineguale del sole vero, e col terzo l' altra ineguaglianza che nasce dall' inclinazione dell' ecclittica all' equatore.

§ 69 E' quindi chiaro, che questo terzo sole, che chiamasi medio, segnerà il tempo nella guisa medesima che si segnerebbe dal sole vero, se il suo movimento proprio di occidente in oriente fosse equabile e sempre nell' equatore. Da un mezzodì all' altro l' intervallo sarà sempre della medesima durata, ed eguali saranno le parti aliquote in cui verrà diviso. Si dice esso *tempo medio*, *ore medie*, ec. ed il loro principio si prende dal suo passaggio pel meridiano, e si conta sino al ritorno, in cui compie una rivoluzione per indi ricominciarne un' altra.

§ 70 La terza misura si ha dalle stelle: non mutando esse di luogo, e la terra rotando intorno a se stessa con un moto sempre uniforme, a capo di una rotazione, essa ritornerà ne' successivi piani dai quali è partita, e che passano pel suo centro e per le stelle. Quindi l' intervallo tra il passaggio e il ritorno di una medesima stella allo stesso meridiano misurando la durata di una rotazione terrestre, nè più nè meno; questa durata sempre uguale ci presenta una costante invariabile misura del tempo. Se dunque si abbia un orologio che segni mai sempre 24 ore tra due passaggi consecutivi della medesima stella, ed essa sia esattamente nel punto di Ariete, di dove prende principio l' equatore, e si cominciano a contare le AR., siffatto orologio, marcando o al punto del transito, marcherà 24 ore al suo ritorno, e così continuamente. Quando sarà scorsa un' ora sull' orologio, ciò indicherà che è passata pel meridiano la 24ª parte dell' equatore, ossia 15° di esso. Questo tempo dicesi *side-*

*reo*, e *siderec* le ore e sue parti minori. A più chiara intelligenza sia ( *Fig.* 32 ) MS*s*♈NM l'equatore, MN il meridiano, ♈ la sezione di Ariete, M una stella nel meridiano, S il sole vero, *s* il sole medio; ♈M sarà l'Ascensione retta della stella, ♈S quella del sole vero, ♈*s* l'altra del sole medio; e ♈M la distanza della sezione di ariete dal meridiano, SM la distanza del sole vero, *s*M la distanza del sole medio: dunque gli archi ♈M, SM, *s*M, ciascuno diviso per 15, esprimeranno i tre tempi diversi *sidereo*, *solare-vero*, e *solare-medio*.

§ 71 Ora poichè dal passaggio pel meridiano così del sole vero, come del sole medio, e di o di ♈ prendono principio queste tre sorta di tempo; e il luogo vero del primo sole ridotto all'equatore è indicato dalla sua AR. vera, il luogo del sole medio dalla sua AR. media, saranno essi questi tempi sempre uguali alle rispettive distanze dal meridiano verso ponente d-l sole vero, del sole medio, e di o♈. Così quando il sole vero sarà lontano dal meridiano 15° presi sull'equatore e dalla parte di ponente, si dirà un'ora vera, e lo stesso degli altri.

§ 72 Queste tre misure essendo tra loro diverse, prima di progredire più oltre è necessario stabilirne il loro rapporto, ossia assegnare le parti di una nell'altra. La misura di più facile intelligenza e di uso più commodo essendo la siderea, a questa ridurremo le altre. Se dal meridiano si faccino partire insieme una stella ed il sole medio, pel movimento proprio avanzando questi in ciascun giorno di una certa quantità verso oriente, non ritorneranno insieme al meridiano, che dopo che il sole medio avrà compito l'intiero giro dell'equatore. Dunque in quest'intervallo la stella farà una rotazione di più di quante ne compie il sole medio, il quale impiega 365.g 5.or 48'. 50" a descrivere l'equatore. Si dica pertanto, 366 rotazioni terrestri più 5.or 48'. 50" di tempo sidereo ad una rotazione terrestre, ossia 24or sideree; co-

sì l' intiero giro dell' equatore , ossia 360° al quarto , che sarà il movimento del sole medio verso oriente in $24^{or}$ sideree . Ritornata dunque la stella al meridiano in M , da cui ne era partita col sole medio , questi non sarà giunto che in $s'$, o sia sarà ancor lontano dal meridiano verso oriente per l' arco $s'$M di 58'. 58." 38,"' 6 , che in tempo sidereo sono 3'. 55". 54"', 6 .

E poichè mentre il sole medio percorre quest' archetto continua a muoversi verso oriente , non giungerà al meridiano che 3'. 56". 35"', 3 di tempo sidereo dopo la stella . Perciò $24^h$ medie saranno uguali a $24^h$ 3'.56".35"',3 di tempo sidereo . Se dunque in ordine 1° a $24.^h$ e a 3'. 56". 35"', 3 ; 2° in ordine a $24^h$ e a 3'. 55". 54"', 6 si cerchino i termini o valori corrispondenti alle ore minuti e secondi , e si formino due tavole distinte ; ( *Vedi lib. VI. dell' Osservatorio Reale pag.* 59 ) colla prima aggiungendo si convertiranno le ore medie in sideree ; e colla seconda sottraendo si convertiranno le ore sideree in medie : così un' ora media sarà $1.^h$ 0'. 9". 51"', 4 di tempo sidereo , ed un' ora siderea $0.^h$ 59'. 50". 10"', 2 di tempo medio .

§ 73 Essendo incostante il tempo vero non può essprimersi in parti nè del tempo sidereo , nè del tempo medio ; ma solo si può assegnarne la loro differenza per un dato istante . Essa non suole prendersi che col tempo medio , e dicesi *Equazione del tempo* . Essendo dunque il tempo medio sempre uguale a quella parte dell' AR. del sole medio , che trovasi tra lui ed il meridiano verso ponente , ed il tempo vero all' AR. vera del sole interposta tra il meridiano e il sole vero , se dalla maggiore si sottragga la minore , la differenza sarà l' equazione del tempo espressa in tempo sidereo ; e volendosi applicare al vero o al medio , converrà prima ridurla in minuti e secondi di tempo medio .

§ 74 Stabilite queste nozioni generali sarà facile ad

intendere come un dato tempo sidereo si possa convertire in medio, e reciprocamente · Quando il sole medio è nel meridiano la sua AR è ♈M, uguale alla distanza di ♈ dal meridiano: giunto poi il sole in S, la sezione di ♈ si sarà avanzata verso N. Se dunque ♈M, o sia l'AR. del sole per mezzodì si sottragga dalla nuova distanza della sezione di Ariete dal meridiano, la differenza SM sarà il cammino fatto dal sole da mezzodì all' istante del dato tempo sidereo: dunque l'AR. del sole per mezzodì convertita in tempo a ragione di 15° per ora, e sottratta dal dato tempo sidereo sarà la distanza del sole medio dal meridiano espressa in ore sideree, le quali, ridotte in ore medie, daranno il tempo medio che corrisponde al dato tempo sidereo. Per convertire il tempo sidereo in medio son dunque necessarie le tavole generali dell'AR. media del sole, onde dedursi quella che corrisponde a ciascun mezzodì dell' anno. E poichè si è sempre l'equinozio vero il punto da cui si comincia a contare il tempo, e le tavole son calcolate dall' equinozio medio; converrà applicare alle medesime l' equazione in AR. dipendente dalla nutazione, che dicesi *Equazione dei punti equinoziali*. Così le tavole del sole pel nostro meridiano, come quella de' punti equinoziali trovansi inserite nel lib. VI. dell' *Osservatorio Reale pag.* 56 e seguenti.

§ 75 *Esempio*. Fu osservata l' occultazione di δ Aquario il dì 7 Settembre 1805 a 20.$^h$ 7'. 51", 83 di tempo sidereo, si cerca il tempo medio corrispondente.

| | | | ☊ |
|---|---|---|---|
| Tav. II. | 1805 | 18.$^h$ 38'.38", 867 | 177 |
| Tav. III. | 31 Agosto | 15. 58. 2, 945 | 36 |
| | 7 Settembre | 0. 27. 35, 887 | 1 |
| | Somma | 11. 4. 17, 699 | 214 |

| | h | ′ | ″ | | ☊ |
|---|---|---|---|---|---|
| Somma della p. prec. | 11. | 4. | 17, 699. | . . . | 214 |
| Tav. VI. . ☊ per 214 . | + | | 1, 072 | | |
| AR. media ☉ contata dall' Equinozio apparente . . . . . . | 11. | 4. | 18, 771 | | |
| Tempo sidereo dato | 20. | 7. | 51, 830 | | |
| Differenza . . . . | 9. | 3. | 33, 059 | | |
| Riduzione . . . . . . | − | 1. | 29, 048 | | |
| Tempo medio . . . . | 9. | 2. | 4, 011 | | |

*Riduzione delle ore sideree in medie*

| | h | ′ | ″ | ‴ |
|---|---|---|---|---|
| Tav. V. . . | 9. . . . . . | 1. | 28. | 28. 0 |
| | 3′ . . . . . . . . | | | 29,5 |
| | 33″ . . . . . . | | | 5,4 |
| Riduzione . . . . . . | | 1′. | 29″. | 2‴,9 |
| ossia . . . . . . . | | 1. | 29, | 048 |

§ 76 Se per ricavare il tempo medio dal sidereo è necessario dal tempo sidereo dato sottrarre l'AR. media del sole per mezzodì medio; a fine di ottenere il sidereo dal medio, a questo, ridotto prima in sidereo, si dovrà aggiungere quella.

§ 77 *Esempio*. Il dì 16 Giugno 1806 fu osservato il principio dell' ecclissi del sole a 5h 48′. 33″, 8 di tempo medio, si cerca il sidereo corrispondente.

| | | h ′ ″ | ☊ |
|---|---|---|---|
| Tav. II. . . . . . | 1806 . | 18.37.41,562 . . . | 230 |
| Tav. III. | 31 Maggio . . | 9.55.19,855 . . . . | 22 |
| | 16 Giugno . . | 1. 3. 4,885 . . . . | 2 |
| Somma . . . . . . | | 5.36. 6,302 . . . | 254 |

| | |
|---|---|
| Tav. VI. ☊ per 254 . . . | + 1,100 |
| AR. media ☉ dall'Equinozio apparente . . | 5.36. 7,402 |
| Tempo medio dato . . | 5.48.33,800 |
| Riduzione . . . . . . . . . | + 57,258 |
| Tempo sider. corrispon. | 11.25.38,460 |

*Riduzione dell' ore medie in sideree*

| | h | |
|---|---|---|
| Tav. IV. . . . | 5. . . . . | 49″. 16‴,9 |
| | 48′ . . . | 7. 53 ,1 |
| | 33″,8 . . . . | 5 ,5 |
| Riduzione . . . . . . . . . | | 57. 15,5 |
| ossia . . . . . . . . . . . | | 57″,258 |

§ 78 Se finalmente dato il tempo sidereo si cerchi il vero, converrà prima dal dato tempo sidereo dedurne il medio, indi applicarvi l'equazione del tempo, la quale per mezzodì suole inserirsi in tutte le effemeridi. Secon-

do che essa aumenta o diminuisce in $24^h$ converrà correggerla proporzionalmente al dato tempo medio. Inoltre se il meridiano per cui è calcolata sia diverso da quello in cui si osserva, sarà mestieri farvi un' altra correzione per ridurla al proprio meridiano. Questa correzione è additiva se l' equazione diminuisce, e il meridiano per cui è stata calcolata è all' occidente, sottrattiva se all'oriente: e crescendo, l'equazione sarà sottrattiva nel primo caso, e additiva nel secondo. Nel caso poi che si manchi di effemeridi, si osservi o si calcoli l' AR. vera del sole pel dato tempo medio, e se ne prenda la differenza colla media, che ridotta in tempo medio darà l' equazione che si cerca.

§ 79 Rimane ora a spiegare come si rinvenga il tempo medesimo, ossia quale parte di esso, sia vero, medio, o sidereo corrisponda ad un istante qualunque. Tre sono i metodi che a ciò soglionsi principalmente impiegare dagli Astronomi: 1° le altezze assolute del sole e delle stelle; 2° le altezze corrispondenti degli astri medesimi; 3° i loro transiti pel meridiano. Per maggiore facilità esporrò ciascuno di questi metodi in forma di Problema.

## PROBLEMA I.

*Osservata l' altezza di uno dei bordi del sole sull' orizzonte, e notato il tempo indicato da un orologio nel momento dell' osservazione; trovare pel momento istesso 1° il tempo vero, 2° la sua differenza coll' orologio.*

§ 80 Osservata l' altezza di uno de' bordi del sole 1° si corregga della rifrazione e della paralasse, 2° si riduca al centro del sole aggiungendovi o sottraendovi il semidiametro del sole, secondo che si sarà osservato il bordo inferiore

o il superiore; 3° si prenda dalle effemeridi la declinazione del sole per l'istante dell'osservazione; 4° con questi dati, e coll' altezza del polo si cerchi la distanza del sole dal meridiano, ossia l'angolo ZPS (*fig.* 11), che dicesi *angolo orario*, il quale ridotto in tempo a ragione di 15° per ora, e sottratto o aggiunto a 12$^{or}$ secondo che l'osservazione avrà preceduto o seguito il mezzodì, darà l'ora che si cerca. Poichè nel triangolo ZPS essendo noti, per le cose suddette, i tre lati, PZ complemento dell'altezza del polo, ZS complemento dell'altezza osservata del sole, e PS complemento della sua declinazione, dalla formola (§ 5), fatte le dovute sostituzioni, si ha cosen. ZPS $= \frac{\text{cos. ZS}}{\text{sen. ZP sen. PS}} \mp \frac{1}{\text{cot. ZP cot. PS}}$, ossia cos. angol.

orario $= \frac{\text{sen. altezza}}{\text{cos. lat. cos. decl.}} \mp$ tan. lat. tan. declinaz. Il segno $-$ è per le declinazioni boreali; $+$ per le australi.

§ 81 Il dì 27 Maggio 1803 a 8$^h$ 39.′ 56.″ di mattina si osservò l'altezza del bordo inferiore del sole di 43° 4.′ 39″, si cerca la distanza del centro dal meridiano.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altezza osservata . . . . . . . . . | 43° | 4. | 39″ |
| Rifrazione . . . . . . . . . . . . | $-$ | 1. | 1 |
| Paralasse . . . . . . . . . . . . . | $+$ | 0. | 6 |
| Semidiametro del sole . . . . . . | $+$ | 15. | 50 |
| Altezza del centro del sole . . . | 43. | 19. | 34 |

Declinazione del sole pel momento dell' osservazione . . 21. 10. 20 B.

Altezza del polo 38° 6. 44″

Log. sen. 43.° 19'.34''..9.836419 } *primo termine*
Co-log.cos. 21. 10. 20 .. 0.030351 } *della formola*
Co-log.cos. 38. 6. 44 .. 0.104136 }

Somma . . . . . 9.970906 = log. n.° 0,93521
Log. tan. 38. 6- 44 .. 9.894568 } *secondo*
Log. tan. 21. 10. 20 .. 9.588066 } *termine*

Somma . . . . . . 9.482634 = log.n.° — 0,30384

Differenza de' due numeri trovati . . . 0,63137

Log. del n.° 0,63137 = 9.800284 = log. cos. angolo orario, a cui nelle tavole corrisponde . . 50.° 51.3'', che ridotti in tempo sono 3.$^h$ 23'. 24' di tempo vero. Fu dunque l'osservazione a 8$^h$. 56'. 56'' di tempo vero, perciò al momento dell'osservazione l'orologio avanzava su questo tempo di 3'. 20''.

§ 81 Se l'osservazione si fosse fatta con un orologio regolato sul tempo sidereo, e che il medesimo avesse segnato, a cagion di esempio, 0.$^h$ 49'. 56'', nel momento che l'altezza del sole era 43° 19'. 34', per conoscere il tempo sidereo e l'errore dell'orologio si farebbe come siegue.

Angolo orario osservato . . . . . . . . . 3$^h$ 23'.24'',0
Movimento vero del sole in 3$^h$ 23'. 24'' 34,0

Angolo orario in tempo sidereo . . . . 3. 23.58,0
Tempo segnato dall'orologio al momento dell'osservazione . . . . . . . . . . . . . . 0. 49.56,0

Mezzo-giorno all'orologio . . . . . . . . 4. 13.54,0
AR. vera del sole in tempo a mezzodì . 4. 12.50,0

Avanza l'orologio sul tempo sidereo . . + 1. 4,0
Tempo sidereo che doveva segnare l'orologio al momento dell'osservazione . . . . . 0$^h$48'-52''.

2

§ 82 Da $0^h\ 48'.\ 52''$ di tempo sidereo si potrà passare al tempo medio (§ 75), il quale si può ancora dedurre immediatamente dall' angolo orario osservato, impiegando l' equazione del tempo.

| | |
|---|---|
| Angolo orario osservato $3^h\ 23'.\ 24''$, quindi tempo vero dell' osservazione, come sopra | $8^h\ 36'.36''$ |
| Equazione del tempo pel momento dell' osservazione . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | — 3. 16, 4 |
| Tempo medio dell' osservazione . . . . . | 8. 33. 19, 6 |
| Segnava l' orologio nel primo caso . . . | 8. 39. 56, 0 |
| Avanza l' orologio sul tempo medio . . . | 6. 36, 4 |

§ 83 Da una sola osservazione non si può sperare molta precisione sul tempo che se ne deduce: vi sarà sempre l' incertezza di $6''$ o $7''$ ed anche più. Perciò sarà bene prendere consecutivamente diverse altezze, calcolarle separatamente, e valersi del medio delle differenze per la correzione dell' orologio. Queste medesime replicate nella mattina del giorno che siegue, e trattate come le prime, ci faranno conoscere non solo il tempo delle rispettive osservazioni, ma insieme ci daranno la variazione diurna dell' orologio.

§ 84 La formola $\text{cos. ang. orario} = \frac{\text{sen. altezza}}{\text{cos. lat. cos. decl.}}$ $\mp$ tan. lat. tan. decl. potrà servire pel caso, in cui invece dell' altezza del sole si fosse osservata quella di una stella, di cui sia nota l' AR. e la declinazione. Allora, se l' osservazione precede mezzodì, sottraendo l' angolo orario trovato dall' AR. della stella, ed aggiungendolo se siegue, si avrà il tempo sidereo pel momento dell' osservazione, col quale si troverà il tempo medio.

§ 85 *Esempio*. Li 21 Marzo 1793 di mattina osservai l'altezza di Procione, che ritrovai di 42° 28'. 30''; era la sua declinazione 5° 44' B, e l'AR. 112° 7' prossimamente, giacchè non trattandosi che di un esempio è inutile tener conto de' secondi di arco.

Log. sen. 42°.28'.30'' . 9.8294765
Co-log. cos. 5. 44 . . . 0.0021780
Co-log. cos. latitudine . . 0.1041602

Somma . . . . . 9.9358147 n° corrisp...0,86261
Log. tan. latitudine . . . 9.8946317
Log. tan. declinazione . . 9.0017375

Somma . . . . . 8.8963692 n° corris. —0,07878

Differenza dei numeri . . . . 0,78384

Log. 0,78384 = 9.8942274, a cui nella colonna dei coseni corrisponde l'arco 38°. 23'. 10'', angolo orario di Procione pel momento dell'osservazione.

AR. di Procione . . 112° 7'
Angolo orar. osserv. 38. 23. 10''

Temp. sidereo in arco 73. 43. 50 ossia in tem. $4^h$ 54'.48'',5.

§ 86 Similmente può impiegarsi la suddetta formola per rinvenire la quantità degli archi semidiurni così del sole come delle stelle. Basta perciò sostituire in essa all'altezza dell'astro l'effetto della rifrazione all'orizzonte, che quì in Palermo ho trovato di 32'. Sarà quindi cos.

$$\text{arco semidiurno} = \frac{-\text{ sen. } 32'}{\text{cos. lat. cos. decl.}} \mp \text{tan. lat. tan. decl.}$$

§ 87 *Nota* 1.° Quando si cerca l' arco semidiurno del sole, siccome la sua declinazione al nascere è diversa da quella con cui tramonta, converrà impiegare la declinazione per mezzodì, e così si avrà con maggiore precisione la metà della durata del giorno. Se per tal maniera si calcolino gli archi semidiurni del sole per tutt' i giorni dell' anno, sarà facile rinvenire nella distribuzione delle ore dell' orologio italiano il nascere del sole, il mezzodì, e la mezza-notte. Nell' orologio italiano il punto fisso da cui si parte si è il tramonto del sole, che si suppone a 23.$^h$ 30'. Se dunque a 23.$^h$ 30' si aggiunga il complemento a 12$^h$ dell' arco semidiurno, si avrà la mezza notte, e lo stesso complemento aggiunto alla mezzanotte darà il nascer del sole, il quale accresciuto dell'arco semidiurno darà il mezzodì; che non differirà che di picciolissima cosa da quello che darà una buona meridiana.

§ 88 *Nota* 2.° Calcolati gli archi semidiurni affetti dalla rifrazione, e calcolati li medesimi supponendo l' astro nell' orizzonte, nel qual caso la formola diviene cos. ang. orario $= \mp$ tan. decl. tan. lat. la lor differenza ci darà di quanto la rifrazione accelera il levare, o ritarda il tramontare. E' però da avvertirsi che trovato l' effetto della rifrazione per un astro di declinazione boreale, non può il medesimo applicarsi ad un altro di declinazione australe, comunque le due declinazioni siano uguali nella quantità dell' arco che le misura. In questo errore son caduti alcuni Astronomi, i quali avendo calcolato per tutt' i diversi gradi di declinazione boreale l' effetto della rifrazione sul nascere e tramontare degli astri, si sono indistintamente serviti di esso così per le stelle boreali, come per le australi. Si rileva e nota particolarmente questo errore dal Sig. Cagnoli nella sua trigonometria § 758, ove da insieme una formola particolare per questo calcolo, la quale egli fa dipendere dalle sue analogie differenziali. La cosa per altro è molto semplice, ed in pra-

tica a me pare assai più spedito il metodo quì spiegato.

§ 89 *Nota* 3° Se nella formola cosen. angolo orario

$$= \frac{\text{sen. altezza}}{\text{cos. lat. cos. decl.}} \mp \text{tan. lat. tan. decl.}$$ si ponga, in vece di sen. altezza, — sen. semidiametro del sole, comparando l' angolo orario che quindi ne risulta coll' angolo che si ha, fatto sen. altezza = 0, si avrà il tempo che il disco del sole impiega a levarsi o a tramontare.

§ 90 Si potrà nella stessa maniera trovare la durata del crepuscolo; basterà perciò di fare sen. alt. = — sen. 18° che è l' angolo di depressione del circolo crepuscolare. Ma si avverta che talora accaderà che i due termini della formola siano entrambi negativi, e la loro somma risulti maggiore dell' unità, lo che indicherà che l' angolo che si cerca è maggiore di 180°; ossia che la differenza tra la distanza del zenit dal polo e la declinazione del sole è minore di 18°, nel qual caso il crepuscolo di sera si confonde con quello di mattina, cosa (nei solstizii) comune nelle regioni molto boreali.

§ 91 Il metodo delle *altezze assolute*, che, come sopra abbiamo accennato, non è della maggiore esattezza, non suole praticarsi che in mare, e quando non è permesso di replicare le stesse osservazioni e prima e dopo mezzodì. Poichè quando ciò possa farsi, nel che consiste il metodo delle altezze corrispondenti, si ha il tempo colla massima precisione, e perciò merita questo metodo di essere particolarmente spiegato e descritto.

## PROBLEMA II.

*Osservate per due giorni consecutivi una o più altezze del sole la mattina, replicate le medesime la sera, e notati i momenti di ciascuna, indicati da un pendolo che segni prossimamente il tempo medio; trovare al passaggio del sole al meridiano l'ora del pendolo, e la sua variazione diurna.*

§ 92 Sia come nel problema precedente PZH il meridiano, P il polo, Z il zenit, ed S il sole nell' osservazione di mattina; nell' osservazione di sera l' altezza essendo la medesima i due angoli orarj P, P′ non differiranno tra essi che pel cambiamento di declinazione dalla prima alla seconda osservazione. Si riduce dunque il problema a trovare la differenza degli angoli, cagionata dalla variazione della declinazione nell' intervallo delle due osservazioni. Poichè la metà della medesima aggiunta o sottratta dalla semisomma dei momenti, che corrispondono alle due altezze osservate, darà il momento indicato dal pendolo nel passaggio del sole al meridiano. Chiamando pertanto P, P′ i due angoli orarj; D, D′ le declinazioni del sole che corrispondono alle due altezze prima e dopo mezzodì, $\delta$ la loro differenza, ed L l'altezza del polo; dalla formola 1294 della seconda edizione di Cagnoli si ha $P'-P$

$$= \frac{\delta\left(\text{tan. L.cos.}\frac{1}{2}(D+D') - \text{cos.}\frac{1}{2}(P+P')\text{sen.}\frac{1}{2}(D+D')\right)}{\text{sen.}\frac{1}{2}(P'+P).\ \text{cos.}\frac{1}{2}(D+D')}$$

$$= \frac{\delta\left(\text{tan. L.} - \text{cos.}\frac{1}{2}(P+P')\ \text{tan.}\frac{1}{2}(D+D')\right)}{\text{sen.}\frac{1}{2}(P'+P)}.$$

§ 93 Siano ora H, H' i momenti che corrispondono alle due altezze osservate, e $\mu$ la variazione della declinazione in un'ora; sarà $\frac{P' + P}{2} = \frac{15}{2}(H' - H)$, e $\frac{\mu}{2}(H' - H) =$ alla variazione in declinazione nella metà dell' intervallo delle due osservazioni. Dunque metà della differenza

$$= \frac{P' - P}{2} = \frac{\mu\,(H' - H)}{2.\ \text{sen.}\ \frac{15}{2}(H' - H)} \left\{ \text{tan.L} - \cos.\frac{15}{2}(H' - H)\ \text{tan.}\ \frac{1}{2}(D + D') \right\}$$

e dividendo quest' espressione per 15, onde ridurla in tempo, sarà il momento indicato dal pendolo a mezzodì

$$= \frac{H' + H}{2} \mp \frac{\frac{\mu}{2}(H' - H)}{15.\ \text{sen.}\ \frac{15}{2}(H' - H)} \left\{ \text{Tan. L} - \cos.\ \frac{15}{2}(H' - H)\ \text{tan.} \frac{1}{2}(D + D') . \right\}$$

Si noti che il segno − è pei segni ascendenti; il segno + pei discendenti, e tan. $\frac{D + D'}{2}$ è negativa quando la declinazione è australe. $\frac{D' + D}{2}$ corrisponde al momento del mezzodì.

§ 94 *Esempio* Li 2 Aprile 1791 alle $9^h\ 57'.\ 36''$ del pendolo della stanza circolare osservai la distanza del bor-

do inferiore del sole dal vertice, che ritrovai di $48°43'.44''$; replicata l' osservazione dopo mezzodì, giunse il sole alla stessa distanza della mattina a $15^h 9'. 52'',0$. Si cerca l' ora che doveva segnare il pendolo a mezzodì.

Declinazione del sole a mezzodì $= 5° 0'. 17''$ B, sua variazione in un'ora $= 57'',7$; Altezza del polo $38°6'.44''$

$\frac{\mu}{2}(H'-H) = 57'',7\,(2^h.36'.7'') = 150'',0$ . . . . . . . . log. . . . . . . 2.176091

$15.\ \text{sen.}\frac{15}{2}(H'-H) = 15.\ \text{sen.}\ 39^h.1'.45''$ . . . . . Co-log. . . . . . . . . . 9.024764

$$\text{onde log.}\frac{\frac{\mu}{2}(H'-H)}{15.\ \text{sen.}\frac{15}{2}(H'-H)} = \ldots\ \text{somma}\ \ldots\ 1.200855$$

Tan.L. $=$ Tan. $38.°6'.44''$ .... suo log. $= 9.894566 =$ log. n.° 0,78445

$\text{Cos.}\frac{15}{2}(H'-H)\tan\frac{1}{2}(D+D')$ { Log. cos. $39°.1'.45'' = 9.890323$; Log. tan. $5.0.17 = 8.940324$

Somma . . . . $8.830647 =$ l. n.° $-$0,06803

Tan. L $-$ cos. $\frac{15}{2}(H'-H)$ tan. $\frac{1}{2}(D+D') = \ldots$ 0,71642 suo lo. $= 9.855156$

Equazione $-11'',38$, che corrisponde alla somma dei log. . . . . . . . . . $-$ 1.056012

Ma $\frac{H'+H}{2} = 12^h.33'.45'',0$, dunque al passaggio del sole al meridiano il pendolo segnava . . $12^h.33'.45'' - 11'',4 =$ . . . . . . . . . . . . . . . . $12^h.33'.33'',6$

Tempo medio a mezzodì vero . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12. 3.37,1

Avanzava il giorno 2 il pendolo sul tempo medio . . . . . . . . . . . . . $29'.56'',5$

Nella stessa maniera trovai che il giorno 3 avanzava . . . . . . . . . . . 32.40,3

Accelera il pendolo sul tempo medio in 24 ore . . . . . . . . . . . . . . . 2.43,8

Conoscendo per mezzodì l' avanzamento o ritardo del pendolo sul tempo medio, si potrà sempre assegnare il tempo medio che corrisponde ad un' altra ora qualunque segnata dal pendolo.

§ 95 La formola precedente si può ridurre in tavole, calcolando i due termini che la compongono, nelle diverse supposizioni di 1. 2. 3. 4. 5. 6. ore di seminterva lo delle altezze osservate, e di 6° in 6°, o di 10° in 10° di longitudine del sole. Se il calcolo si faccia per una data latitudine i due termini si ridurranno in uno, da disporsi in una sola tavola, avente in testa gl' intervalli supposti, e sulla dritta la longitudine del sole. Ma se voglionsi tavole generali, converrà 1° calcolare il termine

$$\frac{\mu\,(H'-H)}{30.\ \text{sen.}\frac{15}{2}(H'-H)}\text{ , indi l' altro }\frac{\mu\,(H'-H)\text{tan.}\frac{1}{2}(D'+D)}{30.\ \text{tan.}\ \frac{15}{2}\ (H'-H)}$$

e ordinare, come sopra si è detto, i valori di ciascuno in due tavole distinte, avvertendo, che quei della prima debbonsi moltiplicare per la tangente della latitudine del luogo in cui si osserva. Nelle tavole di La-Lande si ha e la prima per Parigi, e le altre due generali; e così nelle tavole solari del Cav. De-Lambre, ove però le due generali sono disposte in una sola, ed è la XXXV. Lo stesso travaglio è stato fatto da più altri Astronomi. Il Bar. Zach nel suo compendio delle tavole solari, publicato in Firenze nel 1809, ha ridotto le generali a due piccole tavolette; ma per servirsene è necessario di cercare i logaritmi di cinque quantità, e prenderne i numeri corrispondenti.

§ 96 La correzione o equazione delle altezze corrispondenti secondo il Sig. David Rittenhouse tom. 1 delle *Transazioni di Filadelfia*, si può similmente trovare per mezzo delle sole osservazioni. Si osservino per due giorni consecutivi le stesse altezze del sole prima e dopo mezzodì. Se il sole si avvicina al polo giugnerà più presto nella seconda osservazione all' altezza della mattina e

più tardi a quella della sera del giorno precedente: e se si allontana, accaderà il contrario. Il che è facile a capirsi solo che si rifletta, che nel primo caso si allontana dal meridiano, e nel secondo si avvicina allo stesso. Ciò posto si chiami $a$ il tempo segnato dall' orologio nella prima osservazione di mattina, e $a'$ il tempo nella prima di sera; si chiami ancora $y$ la variazione dell'orologio in $24^h$, ed $x$ la variazione cagionata dal cambiamento di declinazione. Poichè $a$ è l' ora segnata dal pendolo nella prima osservazione di mattina, sarà $a \pm y - x$ l' ora che segnerà nella seconda avvicinandosi al polo, e $a'$ ed $a' \pm y + x$ le ore delle due osservazioni di sera. Quindi $\pm y - x$ la variazione totale dalla prima alla seconda mattina, e $\pm y + x$ l' altra dalla prima alla seconda sera. La loro somma $\pm 2y = m$ sarà la variazione dell'orologio in 48 ore; e la loro differenza $+ 2x = n$ sarà la variazione dovuta al cambiamento in declinazione in 48 ore; onde indicando per $m$ ed $n$ queste due specie di

variazione, si avrà $y = \frac{m}{2}$ variazione dell' orologio in 24

ore, ed $x = \frac{n}{2} =$ cambiamento in declinazione del so-

le in $24^h$. Perciò se si chiami $z$ la metà dell' intervallo tra le osservazioni di mattina, e quelle di sera, si dirà

1° $24^h : \frac{m}{2} : : z : \frac{mz}{48}$, 2° $24^h : \frac{n}{2} : : z : \frac{nz}{48}$ e si avrà e la

variazione del pendolo nel semintervallo delle osservazioni, e la correzione da farsi a $z$ per avere il momento indicato dal pendolo nel passaggio del sole al meridiano. Se il sole si allontani dal polo, $n$ sarà positivo, e chiamando $z'$ la semisomma delle due osservazioni, sarà il mo-

mento del mezzodì al pendolo $z' + \frac{nz}{48}$, nell' altro caso $z' - \frac{nz}{48}$. Ma se le osservazioni non siano perfette, come avviene, l' errore ricaderà interamente su le quantità che si cercano: per la qual cosa, a ben riflettere, non può essere questo metodo di uso alcuno nella pratica.

§ 97 Se in vece del sole si fossero osservate le altezze di qualche stella non vi sarebbe luogo a correzione; ma converrebbe sapere la sua AR. vera, per quindi dall' osservazione conchiuderne il tempo sidereo.

Al terzo metodo è necessario premettere 1° il modo di ridurre i diversi fili del cannocchiale al filo di mezzo, che deve rappresentare il meridiano. 2° Per quale maniera, nel caso che il filo di mezzo non corrisponda nel meridiano, si possa determinare la sua deviazione, e corregerne i difetti.

## PROBLEMA III.

*Ridurre i fili del reticolo al filo di mezzo.*

§ 98 Se i quattro fili (*Fig.* 33) 1. 2. 4. 5. del reticolo R *r* fossero equidistanti così tra di loro come da quello di mezzo, segnati i tempi del passaggio di una stella ai cinque fili, egli è chiaro che la semisomma del primo e quinto darebbe il tempo del passaggio pel filo di mezzo, e così l' altra semisomma del secondo e quarto. Ma ciò non avviene pressochè mai, e inoltre, ove manchi alcuno de' fili corrispondenti, come potrà farsi la riduzione del filo osservato! Vuolsi dunque sapere il tempo che impiegano le stelle a passare da ciascuno de' quattro fili a quello di mezzo. Si rivolga il cannocchiale all' equato-

re, e con replicate osservazioni si determinino colla maggiore esattezza i tempi suddetti. Per tale maniera si avrebbe quanto è di mestieri, se in qualunque parte del cielo le stelle impiegassero lo stesso tempo a descrivere gl' intervalli de' fili. Ma non è così.

Sia P il polo dell' equatore, PL il meridiano, EQ un arco dell' equatore, EvQ la sua corda, MγN l' arco simile di un parallelo, MoN la corda di quest' arco: si prenda su la corda EvQ la parte *vx* uguale all' intervallo de' fili *ae* = No. Poichè tutte le stelle compiono il loro giro diurno in $24^h$ sideree, gli archi simili LQ, γN saranno descritti in tempi uguali. Ma l' intervallo *ae* de' fili sul parallelo NγM è uguale al seno dell' arco Nγ, e sull' equatore non è che una frazione del seno dell' arco simile LQ. Dunque la stella impiegherà un tempo maggiore a descrivere *ae* quando il cannocchiale è diretto verso il parallelo MγN, un minore quando è rivolto all' equatore. Ma stabilito una volta il tempo all' equatore egli è facile rinvenirlo per un' altra distanza qualunque Pγ dal polo. Nei due triangoli simili PvQ, PoN, Po è il seno dell' arco Pγ che esprime la distanza dell' astro dal polo, Pv è il seno di un arco di 90° = 1, vQ è il seno dell' arco LQ, misura dell' angolo vPQ, No = *vx* = sen. Ls = sen. (15. *t*.); *t* esprime il tempo impiegato dalla stella all' equatore a descrivere l' intervallo *ae*. Quindi sen. dist. polare: sen. (15. *t*.) : : 1 : sen. LPs

$$= \frac{\text{sen. } (15.\ t.)}{\text{sen. dist. Polare}}$$, che ridotto in tempo darà l' intervallo *ae* de' fili alla distanza polare Pγ.

§ 99 Quindi 1° Se l' intervallo *ae* de' fili sia stato osservato ad una distanza Pγ dal polo, e vogliasi ridurre all' equatore, chiamando T il tempo impiegato dalla stella a descrivere NO = *ae*, si dirà sen. Pv (= 1): sen. Pγ : : sen. (15. T): sen. No = sen. Pγ × sen. (15. T) = sen. Ls = *ae*.

2° Gli archi minori di un grado confondendosi co' loro seni, se la distanza dal polo non sia meno di 12°, al sen. ( 15, T ) si potrà sostituire 15. T. Perciò a ridurre gl' intervalli filari equatoriali ad un parallello qualunque, la di cui distanza polare non sia minore di 12° basterà dividere l' intervallo in tempo all' equatore pel coseno della declinazione.

3° Date le rispettive distanze filari all'equatore, si potrà quindi formare una tavola, da cui a colpo di occhio si abbiano le riduzioni de' fili per qualunque distanza dal polo. Alla medesima si potrà unirvi una colonna, che contenga la correzione per l' ineguaglianza degl' intervalli.

## PROBLEMA IV.

*Trovare la deviazione dello stromento de' passaggi, e la correzione da farsi ai passaggi osservati.*

§ 100 Perchè uno stromento de' passaggi descriva un verticale è necessario che l' asse ottico del cannocchiale, o sia la linea di fiducia, sia perpendicolare all' asse dello stromento, e questo perfettamente orizzontale. Le quali due cose facilmente si ottengono col rovesciamento dello stromento, e col livello o filo a piombo. Supposto dunque che il cannocchiale descriva un verticale, se questo sarà il meridiano, le differenze dei passaggi osservati di due o più stelle saranno uguali alle differenze delle rispettive AR. apparenti delle stelle medesime. Perciò calcolate queste sul 1°, o 2° catalogo che ho dato nel *Libro VI. del R. Osservatorio*, e comparate colle osservate ad un orologio che segni esattamente il tempo sidereo, le differenze osservate dovranno essere uguali alle calcolate. Che se si trovi altrimenti ciò indicherà che il verticale descritto dal cannocchiale non è il meridiano. Si tratta

dunque di trovare la sua deviazione, e la correzione che ne risulta.

§ 101 Sia ZO il verticale che descrive lo strumento, (*fig*.34) PZH il vero meridiano, HO un arco dell'orizzonte preso da mezzodì verso oriente. Le stelle M,N passeranno pel verticale prima di giugnere al meridiano, e perciò ai passaggi osservati converrà aggiugnere gli angoli ZPM, ZPN espressi in tempo, per avere il momento del loro passaggio pel meridiano. Nel triangolo ZPM si ha

$$\text{sen. MZP} = \frac{\text{sen. PM. sen. M}}{\text{sen. ZP}}$$; e nel triangolo MPN,

$$\text{sen. M} = \frac{\text{sen. PN. sen. MPN}}{\text{sen. MN}}$$, e quindi sen. MZP $=$

$$\frac{\text{sen. PM. sen. PN. sen. MPN}}{\text{sen. ZP. sen. MN}}$$. Ma PM e PN sono le distanze dal polo delle due stelle, ZP la distanza del vertice similmente dal polo, sen. MZP $=$ sen. HZO $= x$, ed MPN la differenza tra li passaggi calcolati ed osservati che si ha dall' osservazione e che faccio $=$ E. Si chiamino D, $d$ le declinazioni delle due stelle; L l' altezza del polo, sarà sen. $x = \frac{\text{sen. E. cos. D. cos. } d}{\text{cos. L. sen. } (D-d)}$. E poichè $x$ ed E sono angoli assai piccoli, si potrà supporre senza error sensibile $x = \frac{\text{E. cos. D. cos. } d}{\text{cos. L. sen. } (D-d)}$.

§ 102 Quindi 1° Essendo per qualunque stella G, la cui declinazione sia $\delta$, ZPG l' angolo da aggiugnersi al passaggio pel verticale ZO per ridurlo al meridiano ZH, sarà sen. ZPG $= \frac{x. \text{ sen. } (L \mp \delta)}{\cos. \delta} = x$ (sen. L$\mp$

cos. L. tan. $\delta$). Il segno $-$ per le declinazioni boreali, $+$ per le australi. Calcolata pertanto una tavola de' valori da 0° sino a 90° del fattore sen. L $-$ cos. L. tan. $\delta$ per le stelle boreali, ed un' altra simile del fattore sen. L $+$ cos. L. tan. $\delta$ per le australi, dato $x$, si avrà la correzione che si cerca.

§ 103. 2° Osservati al verticale ZO i passaggi di due stelle ben determinate, e comparata la loro differenza osservata e calcolata, col soccorso delle tavole sopra accennate, le quali pel nostro Osservatorio ho dato nel libro V. della *Specola Astronomica* (*pag.* 59) assai facilmente si potrà rinvenire e la deviazione $x$ e le correzioni da farsi ai passaggi osservati. Siano A, B le differenze dei passaggi calcolati ed osservati delle due stelle, $m$ il fattore della più lontana dal zenit, ed $n$ il fattore dell' altra. Sarà $mx =$ ZPN, $nx =$ ZPM, ed $mx - nx =$ MPN $=$ A -- B $=$ E; quindi $x = \frac{E}{m-n} = C$, ed $mC$, $nC$ le due correzioni.

§ 104 Se la stella più lontana dal zenit passi la prima, e la differenza de' passaggi osservati sia maggiore della differenza de' passaggi calcolati, la deviazione sarà a levante; se minore a ponente. Se passi prima la più vicina al zenit, e la differenza sia maggiore la deviazione sarà a ponente, se sia minore a levante. E più rigorosamente sieno P, $p$ i due passaggi calcolati, P′, $p'$ li due osservati, $m$ il fattore della più lontana dal zenit, $n$ l' altro, $x$ la deviazione, si avrà $P - P' = mx$, e $p - p' = nx$. Se P è il passaggio della più lontana dal zenit e precede, sarà $x = \frac{(p - P) - (p' - P')}{n - m}$, se siegue la più lontana, $x = \frac{(P - p) - (P' - p')}{m - n}$. Essen-

do $x$ positivo la deviazione è a levante, essendo negativo a ponente, siccome è chiaro.

*Esempio*. Li 9 Giugno 1804 si osservarono allo strumento de' passaggi α della Corona boreale, e α dello Scorpione, si cerca la deviazione.

| | | h ′ ″ | | h ′ ″ |
|---|---|---|---|---|
| Passaggio osserv. di | α Corona Boreale ... | 15.26.24,74 | Calcolato | 15.26.26,52 |
| | α Scorpione ..... | 16.17.26,85 | | 16.17.28,71 |
| | Differenza osservata ........ | 51. 2,11 | calcolata ... | 51. 2,19 |

Declinazione di α Corona Boreale 27° 22′ B . . Declinazione di α Scorpione 26° 0′ A, colle quali dalla tavola sopra citata si hanno li fattori $m$ ed $n$

$$\left.\begin{array}{l} m = + 1{,}005 \\ n = + 0{,}205 \end{array}\right\} \ldots \text{ma} \left\{\begin{array}{l} P - p = 51.\ 2{,}19 \\ P' - p' = 51.\ 2{,}11 \end{array}\right\} \text{dunque}$$

$$\frac{(P - p) - (P' - p')}{m - n} = \frac{E}{m - n} = \frac{+0{,}08}{+0{,}80} = +0'',10 = x$$

deviazione a levante. Quindi la correzione sarà per la stella $\left\{\begin{array}{l} \text{più alta } +0{,}02 \\ \text{più bassa } +0{,}10 \end{array}\right\}$.

§ 105. 4° Le stelle circompolari potendosi osservare sopra, e sotto il polo, ciascuna può far le veci di due, cioè al passaggio superiore di boreale, ed all'inferiore di australe; lo che ci dispensa dal bisogno di conoscere l'AR. della stella, essendo sempre la differenza de' passaggi calcolati = 12$^{h}$ sideree. Il calcolo per rinvenire la deviazione riuscirà quindi speditissimo, e più sicuro del precedente. Dal passaggio inferiore osservato si sottragga il superiore similmente osservato, la differenza si tolga dal passaggio calcolato, sempre di 12$^{h}$, e il residuo si divida per la

differenza de' fattori della medesima, considerata prima come boreale, indi come australe; il quoto sarà la deviazione che si cerca. E poichè il fattore della stella circompolare considerata come australe è sen. L. + tan. D. cos. L; considerata come boreale sen. L. − tan. D. cos. L. Sarà $m - n = 2$ tan. D. cos. L; perciò chiamando E la differenza de' passaggi calcolati ed osservati, ossia facendo

$$(P - p) - (P' - p') = E, \text{ sarà } x = \frac{\mp E}{2 \text{ tan. D cos. L}}$$

a levante se +, a ponente se −.

*Esempio*. Li 30 Novembre 1802 si osservò il passaggio della polare sopra e sotto il polo.

| | | |
|---|---|---|
| Passaggio superiore | . . . . . | 0h 52'. 55",34 |
| Passaggio inferiore | . . . . | 12. 52. 34, 66 |
| Differenza de' passaggi | osservata . . . . | 11. 59. 39, 32 |
| | calcolata . . . . | 12. 0. 0, 0 |

onde $(P - p) - (P' - p') =$ . . . . . . 20",68
Declinazione della polare . . . . . . . 88° 15'
Fattore al passaggio superiore . $= -25, 13 = n$
Fattore al passaggio inferiore . $= +26, 37 = m$

Perciò $m - n = +51'',5$. Si ha dunque $\frac{(P-p) - (P'-p')}{m - n}$

$$= \frac{+20'',7}{+51,5} = +0'',40 = x,$$ deviazione a levante rispetto al mezzodì, dalla qual parte si suole essa generalmente considerare; ma se si prendesse dalla parte del nord sarebbe a ponente.

Si ha la stessa deviazione dalla formola $\frac{E}{2.\text{tan.D.cos.L}}$; poichè

Log.tan.88°.15'...1.514949
Log.cos.38. 7...9.895873
Log. 2 . . . ...0. 301030 perciò $\frac{E}{2.\tan.D.\cos.L}=\frac{20,6}{51,5}=0,40$

Log. 51,5. . ...1.711852

Ciò premesso sia

## PROBLEMA V.

*Dato un pendolo che segni prossimamente il tempo sidereo, trovare, per mezzo del passaggio delle stelle al meridiano, il suo avanzamento o ritardo, e la sua variazione diurna.*

§ 106 1° Scelta una o più stelle de' nostri due cataloghi inseriti nel libro VI. del *Reale Osservatorio*, si osservi il tempo che segnerà il pendolo al loro passaggio al meridiano. 2° Si riduca l'AR. della stella osservata al giorno dell' osservazione per mezzo della precessione, e vi si applichino le correzioni dipendenti dalla nutazione, aberrazione, e deviazione dello strumento dal piano del meridiano. 3° Il tutto si riduca in tempo, e si compari col passaggio osservato: la differenza indicherà quanto l' orologio avanza o ritarda sul tempo sidereo.

§ 107 Nel giorno seguente al ritorno della stella al meridiano si osservi nuovamente; se l' intervallo sarà esattamente di $24^h$ la variazione sarà o; se sarà più o meno, l' eccesso o difetto su $24^h$ ci darà la variazione diurna che si cerca.

*Esempio*. Ai 12 e 13 Maggio 1804 fu osservato il passaggio della Spica al meridiano a tutt' i cinque fili del Telescopio, con un orologio regolato sul tempo sidereo.

| | 1° filo | 2° filo | Meridiano | 4° filo | 5° filo |
|---|---|---|---|---|---|
| Passaggio de' 12 | 15′.38″,3 | 4″,2 | 13h.16′.29″,8 | 55″,7 | 17′.21″,2 |
| Passaggio de' 13 | 15.38,7 | 4,3 | 16.30,0 | 56,1 | 17.21,3 |

| | Prima osservaz. | Second. osserv. |
|---|---|---|
| Meridiano . . | 13.16.29,80 | 13.16.30,00 |
| Medio del 2° e 4° filo . . . | 29,95 | 30,20 |
| Medio del 1° e 5° filo . . . | 29,75 | 30,00 |
| Medio dei 5. fili, ossia passaggio osservato . . . . . . . . . | 13.16.29,83 | 13.16.30,07 |
| Dev.e 0,4 a lev; fattore 0,76; onde correzione . . . . . | + 0,30 | + 0,30 |
| Passaggio corretto ... | 13.16.30,13 | 13.16.30,37 |

Posizione media della Spica pel 1805 . . . 13h 14′.56″,15
Precessione in arco 47″,19: e in tempo 3″,146.
Riduzione al giorno dell' osservazione . . . . . . — 2,01

AR. media pei 12 Maggio 1804 . . . . . . 13.14.54,14
Aberrazione e nutazione . . . . . . . . . . + 1,83

AR. vera pei 12 Maggio 1804 . . . . . . . 13.14.55,97
Passaggio corretto ai 12 . . . . . . . . . . . 13.16.30,13

Avanzo del pendolo sul tempo sidereo . . . . + 1.34,16
Avanzo pel giorno 13 . . . . . . . . . . . . + 1.34,41

Accelerazione diurna . . . . . . . . . . . . . . . + 0,25

## PROBLEMA VI.

*Dato il diametro del sole e la sua declinazione, trovare il tempo che esso impiegherà a passare per il meridiano.*

§ 108 Sia P il polo dell' equatore, (*fig.* 37) EQ un arco del medesimo, PB, PC due cerchj di declinazione, ed MS il diametro del sole che nel tempo che impiega a passare da S in M non muta sensibilmente di declinazione. Essendo sen. PM : MS : : R ; BC, se il diametro del sole si riduce in tempo a ragione di 15° per ora, e si divide pel coseno della declinazione data, si avrà l' arco BC espresso in tempo sidereo, a cui si aggiunge il movimento del sole in tempo durante il passaggio, quantità che non è maggiore di 0″,37; e così si avrà esattamente il tempo che s' impiega dal sole a traversare il meridiano. Se l' orologio sia regolato sul tempo medio non si dovrà tener conto della frazione 0′,37, siccome è chiaro.

Nella guisa medesima che si è convertito l' archetto MS in BC, si potrà convertire questo in quello: basterà perciò moltiplicare BC pel coseno della declinazione. Questa conversione si usa assai spesso in Astronomia per conoscere l' effetto di un arco dell' equatore ridotto alla regione di una stella, (*Probl. III.*)

## ARTICOLO IV.

*Osservazioni e problemi fondamentali del Calcolo Astronomico.*

§ 109 Osservare non è altro che definire pel momento dell' osservazione il sito di un astro rispetto ad un cerchio o punto della sfera, o rispetto all' uno e all' altro insieme. I cerchj ai quali immediatamente si riportano

gli astri sono il meridiano o un verticale qualunque, ed i punti, il vertice o la sezione di Ariete. Da queste osservazioni si conchiude col calcolo la posizione dell' astro rispetto all' equatore, cioè la sua AR. e la sua declinazione. Ma perciò è necessario conoscere e l' altezza del polo, o l' AR. di una o più stelle che possano servire di confronto coll' astro che si osserva.

Comparata l' altezza meridiana osservata coll' altezza del polo si ha la declinazione, e comparati per mezzo di un orologio i passaggi dell'astro e della stella di confronto si ha l' AR; dalle quali, combinate coll' obliquità dell' ecclittica, risulta la longitudine, e la latitudine. La prima cosa da farsi si è dunque di determinare l' altezza del polo, l' obliquità dell' ecclittica, e l' AR. di una o più stelle; non già nella maniera imperfetta indicata nel libro primo, ma colla maggiore esattezza, applicando alle osservazioni le correzioni esposte nei § 1. 2. 3. 4 del presente libro. Con questi nuovi dati un astro qualunque si potrà sempre riportare colla massima precisione così all' equatore come all' ecclittica, e risolvere insieme i molti problemi che ne dipendono, e che saranno l' argomento di questo articolo.

## PROBLEMA VII.

*Date le distanze meridiane dal zenit di una stella circompolare, osservate sopra e sotto il polo, trovare l' altezza del medesimo.*

§ 110 Sia P il polo, (*fig.*35) QE l'equatore, RO l' orizzonte, Z il zenit, ZR il meridiano, ed S una stella circompolare, che descrive il cerchio S*s'* attorno il polo; siano ancora ZS, Z*s'* le distanze della stella dal zenit osservate sopra e sotto il polo. Egli è chiaro che la semisomma di queste due quantità, corretta della rifrazione, sarà

= ZP, ed il suo complemento a 90° ossia PO, l'altezza che si cerca; la quale è uguale alla distanza del zenit dall' equatore, siccome la distanza del zenit dal polo è uguale all' altezza dell' equatore sull' orizzonte.

§ 111 *Esempio*. A 30 Novemb. e 2 Dicem. 1791. Distanza dal zenit sopra il polo di α Orsa minore osservata in Palermo . . . . . . . . . 50° 4'. 11", 8 } 50.° 5'. 20", 0
Bar. 29,75... Term. 56,5... Rifr. corr. + 1. 8, 2 }

1791 Ai 30 Novemb. e 1 Dic. Distanza sotto il polo della medesima stella . . . . . . . . . . . . . 53. 39. 55, 0 } 53. 41. 10, 7
Bar. 29,95. term. 58. Rifraz. corretta + 1. 15, 7 }

Semisomma delle due distanze corrette . . 51. 53. 15, 4
Complemento, ossia Altezza del polo . . . 38. 6. 44, 6

Le osservazioni conviene replicarle più volte, e in diversi tempi dell' anno; per tal maniera si è da me stabilita l' altezza del polo dell'Osservatorio di 38.° 6'. 44", 0.

## PROBLEMA VIII.

*Osservata la distanza meridiana del centro del sole dal vertice, trovare la sua declinazione e l' AR.*

§ 112. 1° Non potendosi osservare la distanza del centro del sole dal zenit, se ne osservano le distanze dei bordi, la semisomma delle quali, come è chiaro, sarà la distanza del centro del sole dal zenit.

2° La distanza così trovata essendo affetta dalla rifrazione, ed il vero sito del sole nell' ecclittica dalla parallasse e dalla nutazione; converrà correggere della rifrazione e della parallasse la distanza, riservando la nutazione alla fine del calcolo.

3° Si prenda la differenza della distanza corretta del-

la rifrazione e della parallasse coll' altezza del polo, che sarà la declinazione *vera* del sole pel momento dell' osservazione. Se l'altezza del polo sia maggiore della distanza la declinazione sarà boreale, se minore australe.

4° Si passa a rinvenire l' AR. e perciò nel triangolo EDC, (*fig.*36) sia E il punto di Ariete, ED una porzione dell' ecclittica, EC una porzione dell' equatore, e DC la declinazione. Essendo questo triangolo rettangolo in C, ed essendo nota l' obbliquità, ossia l' angolo E, e dato il lato DC. che è la declinazione osservata, sarà sen. EC = tan DC. cot. CED ... *Vedi Cagnoli* § 1015 2ª *Ediz.*

Se il sole si trovi nel secondo quadrante, dell' arco trovato se ne prenda il supplimento a 180°, se nel terzo all' arco trovato si aggiungano 180°; se nel quarto si prenda il complemento a 360°; e in tutt' i casi si avrà la distanza del sole dal punto di Ariete contata su l' equatore, e di occidente in oriente, la quale è l' AR. che si domanda.

*Esempio*. Ai 19 Ottob. 1805. Distanza osservata del centro del sole dal zenit, o medio de' due bordi..48°.0'.38",5
Barom.29,83...Term.72°,2...Rifr.corretta . . + 1. 0,7
Parallasse . . . . . . . . . . . . . . . . − 0. 6,2

Distanza corretta . . . . . . . 48. 1.33,0
Altezza del polo . . . . . . . 38. 6.44,0

Declinazione del sole vera . . . 9.54.49,0
Log.tan..... 9°.54.49",0. . . . . . . 9.2424737
Log.cotan..23. 27.57,5.(obl.appar.)..0.3624051

Log. sen. AR. ☉ dall' equin. vero ... 9.6048788 ..... onde AR. = 23.°44'.28",0 + 180° = 203°.44'.28",0.

§ 113 Se si volesse la declinazione quale si avrebbe dalle tavole, in questo caso converrebbe ridurla all' equinozio medio, cioè allo stato in cui essa sarebbe se la se-

zione di Ariete non subisse cambiamento per l'effetto della nutazione. Ma rispetto all'aberrazione non si deve farvi correzione alcuna. Poichè le longitudini solari essendone tutte ugualmente affette, la considerazione della medesima è in esse inutile; e perciò similmente nelle declinazioni, le quali dedotte dalle longitudini, risultano quali si sarebbero osservate, cioè alterate dalla sola aberrazione.

## PROBLEMA IX.

*Data la distanza meridiana del sole dal zenit, osservata nel momento del solstizio, trovare l' obliquità dell' Ecclittica.*

§ 114 Nel momento del solstizio l' arco del meridiano intercetto tra il sole e l' equatore avendo il polo nella sezione di Ariete, misura l' inclinazione dell' ecclittica all' equatore. Se dunque dalla distanza osservata del sole dal zenit nel momento del solstizio, corretta prima come nel problema precedente, si sottragga l' altezza del polo, o da questa si tolga quella, secondo che il sole trovasi nel solstizio iemale o estivo, il residuo ci darà l' obliquità.

*Esempio*. Li 22 Giugno 1806 essendo il sole prossimamente nel solstizio ritrovai col cerchio la sua distanza meridiana dal zenit . . . . . . . . . . . 14.°38'.42",0

| | |
|---|---|
| Bar. 29,9...Term.75,8...Rifr.corretta . . . . | + 14 ,2 |
| Parallasse . . . . . . . . . . . . . . . . | − 2 ,1 |
| Distanza corretta . . . . . . . . . . . | 14.38.54 ,1 |
| Altezza del polo dell' Osservatorio . | 38. 6.44 ,0 |
| Obliquità apparente . . . . . . . . . | 23.27.49 ,9 |
| Nutazione . . . . . . . . . . . . . . | + 0 ,4 |
| Obliquità media . . . . . . . . . . . | 23.27.50 ,3 |

§ 115 L' obliquità affetta dalla nutazione chiamasi *apparente*, e la corretta *media*.

Quando vuolsi portare la massima precisione nel calcolo, all' obliquità apparente si sogliono applicare due altre correzioni dipendenti, una dalla *Nutazione solare*, e l' altra dalla *Latitudine del sole*. Quì si sono ommesse perchè non è ancora caduto in acconcio di parlare delle cagioni di queste due piccolissime ineguaglianze, che nel loro massimo non giungono insieme a 1″,4. Esse si esporranno in seguito.

E' ben difficile che si possa osservare il sole al meridiano nell' istante medesimo che esso giunge nel solstizio; perciò le osservazioni si sogliono fare più volte prima e dopo, applicando in seguito ai diversi risultati la riduzione al solstizio, e che si spiegherà più sotto.

## PROBLEMA X.

*Osservata la declinazione del sole in poca distanza dal solstizio trovare l' obliquità dell' Ecclittica.*

§ 116 Nel triangolo rettangolo ESL. (*fig.* 36) sia SL la declinazione osservata: se fosse nota la longitudine ES del sole, dalla formola sen. E $= \frac{\text{sen. SL}}{\text{sen. EL}}$ si avrebbe tosto l' angolo E o sia l' obbliquità. Ora sebbene non si sia spiegato ancora il calcolo delle longitudini del sole, essa potrà sempre aversi con facilità dall' effemeridi di Londra, Milano, Parigi, Berlino, o Vienna, nelle quali trovasi già calcolata per ciascun giorno dell' anno a mezzodì vero. Quindi da qualunque di queste effemeridi si prenda la longitudine del sole pel giorno dell' osservazione, e si prenda insieme la sua variazione diurna, con cui si ridurrà al nostro meridiano dicendo: $24^h$, alla variazione

diurna; così la differenza de' meridiani al quarto, quantità che deve aggiugnersi o sottrarsi dalle longitudini delle effemeridi, secondo che le medesime saranno all'oriente o all' occidente del nostro meridiano. Colla longitudine del sole così ridotta si calcoli l' angolo E; se l' osservazione non sia più di 15 in 16 giorni lontana dal solstizio, l' obbliquità che ne dedurremo sarà prossimamente la stessa, come se il sole si fosse osservato nel solstizio. Poichè l' errore cui possono andar soggette l' effemeridi non può essere maggiore di 4″ in 5″, li quali nel seno di 74° non cagioneranno che qualche decima di secondo sull' altro di 23° 30′.

Calcolate in tal maniera le osservazioni di più giorni avanti e dopo il solstizio, il loro medio ci darà con maggiore esattezza l' obbliquità apparente pel momento del solstizio, alla quale converrà fare le correzioni di cui sopra si è parlato, e così ridurla in media. Con metodo pressochè simile si è da noi stabilita l' obbliquità media pel principio del 1800 di 23° 27′ 56″, 0.

§ 117 Ove si vogliano evitare i calcoli di giorno in giorno, si potrà formare una tavola, dai di cui termini, data la longitudine del sole, con una semplice proporzione si abbia immediatamente la riduzione al solstizio. Si chiami $d$ la declinazione osservata; $\omega$ l' obbliquità; $v$ la distanza in longitudine del sole dal solstizio = (long. ☉ ∽ 90) o (long. ☉ ∽ 270) secondo che si osserva il solstizio estivo, o l' iemale: e sia $x$ la riduzione al solstizio, sarà $\cos. v. \operatorname{sen}. \omega = \operatorname{sen}. d = \operatorname{sen}. (\omega - x) = \operatorname{sen}. \omega. \cos. x - \operatorname{sen}. x. \cos. \omega$; e ai cos. di $v$ e di $x$ sostituendo i loro valori espressi nel seno, $-2. \operatorname{sen}.^2 \frac{1}{2} v. \operatorname{sen}. \omega = -2. \operatorname{sen}.^2 \frac{1}{2} x. \operatorname{sen}. \omega - \operatorname{sen}. x. \cos. \omega$; e dividendo per cos. $\omega$, $\operatorname{sen}. x = 2. \tan. \omega. \operatorname{sen}.^2 \frac{1}{2} v - 2. \tan. \omega. \operatorname{sen}.^2 \frac{1}{2} x = A$.

E poichè $2 . \tan . \omega . \operatorname{sen.}^{2} \frac{1}{2} v$ è quantità picciolissima rispetto all' altro termine, sarà prossimamente $\operatorname{sen.} x = 2 . \tan . \omega . \operatorname{sen.}^{2} \frac{1}{2} v$: ma $\operatorname{sen.} x$ per 15 o 16 giorni prima o dopo il solstizio è sempre meno di 30', senza timore di errore sensibile sarà quindi $\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x = \tan . \omega . \operatorname{sen.}^{2} \frac{1}{2} v$; si sostituisca questo valore in luogo di $\frac{1}{2} x$ nell' equazione A, e avremo

$$\operatorname{sen.} x = 2 . \tan . \omega . \operatorname{sen.}^{2} \frac{1}{2} v - 2 . \tan .^{3} \omega . \operatorname{sen.}^{4} \frac{1}{2} v .$$

§ 118 Sia $\omega = 23.° 27'. 50'$, obliquità per il principio circa del 1810, avremo $\operatorname{sen.} x = 0{,}868126 . \operatorname{sen.}^{2} \frac{1}{2} v - 0{,}163564 . \operatorname{sen.}^{4} \frac{1}{2} v$.

Si domandi ora la riduzione per una declinazione osservata a 10.° 24'. 50' di distanza dal solstizio.

1° termine { n.° costante 0,868126 . . . . . . suo log. 9.9385829
$\frac{1}{2} v = 5.° 12'. 25''$ ... log. del $\operatorname{sen.}^{2} \frac{1}{2} v$ .. 7.9157248

log. B. 7.8543071 .. n.° B = 0,007150

2° termine { n.° costante 0,163564 . . . suo log. . . 9.2136887
log. $\operatorname{sen.}^{4} \frac{1}{2} v$ . . . . . . . . . 5.8314496

log. C. ... 5.0451383 ... n.° C − 0,000011

0,007139

il log. di 0,007139 è 7.8536374 che nella tavola de' logaritmi de' seni corrisponde a 24'. 32', 5 = $x$, riduzione cercata.

Se pertanto si sostituiscono nel precedente calcolo li valori di $v$ da 0° a 18° si potrà stendere una tavola, in cui, a colpo d'occhio, dalla distanza in longitudine del sole dal solstizio si avrà la riduzione delle corrispondenti osservazioni. La detta tavola per una diecina di anni, cioè sino al 1820 non potrà essere in errore che di qualche centesima di secondo. Giacchè in 10 anni la variazione dell'obbliquità non indurrà alcuno errore sensibile nei resultati.

Fino a 8° di $v$ si potrà semplificarne il calcolo sommando i due logarit. di B. e di C. col logaritmo dell'arco uguale al raggio ed espresso in secondi; allora la differenza de' numeri corrispondenti sarà la riduzione in arco.

## PROBLEMA XI.

*Osservate due distanze meridiane del sole dal vertice una prima e l'altra dopo del suo passaggio per l'equatore, trovare il tempo vero e il tempo medio dell'equinozio.*

§ 119 1° Dalle distanze se ne deducano le declinazioni vere (*Prob. VII.*) delle quali una sarà boreale e l'altra australe, e siano SL, MN. (*fig.* 36)

2° Con SL si calcoli l'arco LE, con MN l'altro ME, impiegando nel calcolo l'obbliquità apparente. La loro somma sarà il movimento in AR. del sole dalla prima alla seconda osservazione.

3° Si dica come ME+LE = ML sta al tempo vero o solare trascorso tra le due osservazioni: così EM, al quarto, che sarà il tempo da aggiungersi a quello della osservazione in M, per avere l'altro in cui il sole fu nel-

l' equatore; cioè il tempo vero dell' equinozio apparente Si faccia la stessa proporzione con LE, e sottratto il quarto termine dal tempo dell' osservazione in L il residuo sarà similmente il tempo vero dell' equinozio. Il medio de' due darà con maggior precisione il tempo *vero* che si cerca. Al medesimo applicata la conveniente *equazione del tempo* si avrà il tempo *medio*.

Taluno ha creduto che bastasse di prendere la somma delle due declinazioni SL, MN per primo termine della proporzione, e quindi inutile il calcolo degli archi ME, LE. Ma si rifletta, che ciò non può aver luogo che nel caso in cui SL = MN; l' aumento delle declinazioni non essendo proporzionale al tempo.

§ 120 L'equinozio così stabilito sarà tanto più esatto quanto le osservazioni saranno al medesimo più vicine. Poichè verso gli equinozj l'aumento diurno delle declinazioni è massimo, e l' errore di un secondo su di esse non può cagionare che un minuto di errore sul tempo dell' equinozio. Ma non devesi mai contare su di due sole osservazioni, una prima e l' altra dopo dell' equinozio. Conviene farne parecchie prima e parecchie dopo; e ridurre quelle che precedono alle più vicine, e così quelle che sieguono.

§ 121 Il momento dell' equinozio si può rinvenire ancora senza calcolare le AR. corrispondenti alle due declinazioni SL, MN; e ciò prendendo dalle Effemeridi il movimento del sole in AR. dalla prima alla seconda osservazione. Nei due triangoli rettangoli ESL, EMN, facendo SL = D, MN = D', EL = A, EM = A', si ha tan. D = tan. obl. sen. A, e tan. D' = tan. obl. sen. A'. perciò tan. D : tan. D' : : sen. A : sen. A', e tan. D + tan. D : tan. D — tan. D : : sen. A + sen. A' : sen. A — sen. A'; ma

$$\frac{\text{tan. } D + \text{tan. } D'}{\text{tan. } D - \text{tan. } D'} = \frac{\text{sen. } (D + D')}{\text{sen. } (D - D')}$$

e $\frac{\text{sen. } A + \text{sen. } A'}{\text{sen. } A - \text{sen. } A'} = \frac{\tan. \frac{1}{2} (A + A')}{\tan. \frac{1}{2} (A - A')}$, sostituendo queste espressioni si ha quindi sen. $(D + D')$ : sen. $(D - D')$ : : tan. $\frac{1}{2}$ $(A + A')$ : tan. $\frac{1}{2}$ $(A - A')$

$= \frac{\tan. \frac{1}{2} (A + A') . \text{ sen. } (D - D')}{\text{sen. } (D + D')}$ e poicchè si suppone dato dall' effemeridi $A + A'$, o sia il movimento in AR. dalla prima alla seconda osservazione, sarà la semisomma $\frac{A + A'}{2}$, e la semidifferenza $\frac{A - A'}{2}$.

*Esempio*. Ai 19 Marzo 1792 (*Vedi della Specola Astronomica lib. V. pag.* 50.) avendo osservata nel meridiano la distanza del sole dal vertice, trovai la sua declinazione 10'.7",3 B : ed ai 20., 13'.34",0 A : il movimento del sole in AR. dal mezzodì vero de' 19 a quello de' 20, 54',34",5 dall' effemeridi di Greenwich.

Log. tan. $\frac{A + A'}{2}$ = log.tan. 27'.17",25...7.8996990

Log. sen. $\frac{D - D'}{2}$ = log.sen. 3'.26", 7...7.0009142

Co-log.sen. $\frac{D + D'}{2}$ = co-lo.sen. 23'.41",3...2.1617429

Log. tan. $\frac{A - A'}{2}$ = log. tan. 3'.58",11 = 7.0623561

$$\text{Semisomma} = \frac{A + A'}{2} = 27'.17'',25$$

$$\text{Semidifferenza} = \frac{A - A'}{2} = 3.58,11$$

Somma . . . . 31'.15",36 = ÊL = A'
Differenza . . . 23. 19,14 = EM = A

| | | | |
|---|---|---|---|
| Co-lo.54'.34",5 (= A+A') | ....6.4848550 | . . . . . . . . . | 6.4848550. |
| Log. 24. ore solari. . . . . | 4.9365137 | . . . . . . . . . | 4,9365137. |
| Log. A' = Log. 31'.15",36... | 3.2730722 | lo.A= 1.23.19,14.. | 3.1458500. |
| | 4.6944409,..n. ° 49481",3 | | 4.5672187.n. ° 36916",4 |

36916 ,4= 10.h 15'.16",4 . . . 1792.Marzo 19...10.15.16,4
49481 ,3= 13. 44.41 ,3 .. complemento a 24h.. 10.15.18,7

Tempo vero dell'equinozio . . . Marzo 19 a 10.15.17,55
Equazione del tempo . . . . . + 7.36, 0

Tempo medio dell' equinozio a 10.22.53,55

## PROBLEMA XII.

*Osservate ad eguali distanze dagli equinozj le distanze meridiane del sole dal vertice, ed osservate insieme le differenze de' passaggi al meridiano tra il sole ed una medesima stella, trovare l' AR. della stella pel tempo del solstizio, che divide le due osservazioni.*

§ 122 1° Colla prima distanza del sole dal vertice si calcoli la sua AR. come nel problema VIII. 2° Corretta dell' aberrazione e della nutazione la differenza dei passaggi del sole e della stella, e convertita in arco, si

aggiunga o si sottragga dall' AR. del sole, secondo che la stella siegue, o precede, e si avrà l' AR. della stella, che corrisponde al tempo della prima osservazione. 3° Si trovi similmente colla seconda distanza e seconda differenza de' passaggi l' AR. del sole e della stella. 4° Delle due AR. della stella se ne prenda il medio, che sarà l' AR. media della stella pel tempo che divide le due osservazioni, o sia pel solstizio che trovasi in mezzo.

§ 123 *Esempio*. A' 28 Marzo e a' 16 Settembre 1805 furono osservate la distanza del sole dal zenit, ed i passaggi del medesimo e di Atair al meridiano.

Distanza del centro del sole dal zenit ai 28 Marzo 35.11. 0,0
La medesima pei 16 Settembre . . . 35.21.18,0

Dalle quali per il problema precedente si cava l'AR. del sole pei 28 Marzo . . 6.° 44'. 47",1; e pei 16 Settembre . . 173.° 39',8",7.

| | Ai 28 Marzo | Ai 16 Settembre |
|---|---|---|
| Passag. osser. al merid. { di Atair — | 19.41.50,50... | 19.40.49,08 |
| Passag. osser. al merid. { del sole.. | 24.27.32,72 — | 11.34. 6,00 |
| Differenza osservata .... | 4.45.42,22... | 8. 6.43,08 |
| Variazione del pendolo in tal tempo | — 0,15 | — 0,14 |
| Deviazione . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,00 | + 0,02 |
| Aberrazione } di Atair . . . . . . . . . | — 0,37 | — 0,69 |
| Nutazione } di Atair . . . . . . . . . | + 0,89 | — 0,93 |
| Diff. media tra il sole e la stella + | 4.45.42,59.. | 8. 6.41,34 |
| Questa ridotta in arco da . . . | 71.25.38,8.. | 121.40.20, 1 |
| AR. del sole . . . . . . | 6.44.47,1.. | 173.39. 8,7 |
| AR. media di Atair . | 295.19. 8,3.. | 295.19.28,8 |

AR. media di Atair pei 28 Marzo 1805 . . 295.19. 8,3
La medesima pei 16 Settembre . . . . 295.19.28,8
Semisomma, o sia AR. media pel solstizio di Giugno, che corrisponde a 21 Giug. 1805...295.19.18,6

§ 124 Questo metodo si è il più sicuro per determinare con esattezza le AR. delle stelle, ma non bastano due sole osservazioni; conviene averne almeno una decina per parte, cioè dieci vicine all' equinozio di Primavera, ed altre dieci vicine all' altro equinozio di Autunno. Quanto saranno più prossime a questi punti saranno tanto migliori, giacchè verso i medesimi il cambiamento in declinazione essendo assai rapido, si rendono meno sensibili gli errori di osservazione sulla distanza del sole dal vertice. Con questo metodo ho determinato le AR. di Procione e di Atair pel 1805, come può vedersi nel libro VI. del nostro Osservatorio.

## PROBLEMA XIII.

*Osservata la distanza meridiana di una stella dal vertice, ed osservata la differenza tra il suo passaggio al meridiano, e quello di un' altra stella, di cui sia nota l' AR., trovare l'AR. media e declinazione media della stella.*

§ 125 1° Corretta la distanza osservata della rifrazione, se la stella sia dalla parte di mezzodì, e la distanza sia maggiore dell' altezza del polo, da questa si sottragga quella, se minore si faccia il contrario: se la stella sia dalla parte di settentrione alla distanza si aggiunga l' altezza del polo, e si avrà in tutti tre i casi, che possono accadere, la declinazione vera della stella, la quale sarà australe pel primo caso, e boreale negli altri due.

2° Si calcoli pel momento dell' osservazione l' AR. vera della stella di confronto, e alla medesima si aggiunga, o da essa si sottragga la differenza de' passaggi osservati, convertita in arco: si aggiunga se la stella di confronto precede, si sottragga se siegue; la somma o la differenza sarà l' AR. vera della stella osservata.

3° Si corregga così l'AR. come la declinazione degli effetti dell'aberrazione e della nutazione, e si avrà l'AR. media, e la declinazione media pel momento dell'osservazione, la quale colla precessione annua si potrà ridurre al principio dell'anno, o ad un'altra epoca qualunque.

§ 126 *Esempio*. A' 15 Novem. 1806 fu osservata la distanza dal vertice di ϑ Scultore, come pure il suo passaggio; ed il passaggio di α Fenice al meridiano.

Distanza osservata dal vertice di ϑ Scultore.... 74.16.16,5
Bar. 30,0... Ter. 59,8... Rifrazione corretta.... + 3.19,5

Distanza corretta . . . . . . . . 74.19.36,0
Altezza del polo . . . . . . . . 38. 6.44,0

Declinazione Australe vera . . 36.12.52,0
Aberrazione . . . . . . . . . . . . − 5,5
Nutazione . . . . . . . . . . . . . + 6,6

Decl. media pei 15 Novembre 1806 . . 36.12.53,1
Precessione annua − 20",6, onde dai 15
Novembre al principio dell'anno . . . . . . . . + 17,5

Decl. media pel principio del 1806 . . . 36.13.10,6
AR. media di α Fenice: (*Vedi lib. VI. del Reale Osservatorio pag.* 11) pel 1805 . . . o.$^h$ 16'.36",95
Prec. annua 44,67, e in tempo 2,978..
onde per l'intervallo tra il principio del
1805 ed i 15 Novembre 1806 . . . . . . . + 5,59

AR. media di α Fenice pei 15 Nov.. 1806..o.$^h$ 16.42,54
Passag. osser. di ϑ Scul. o.$^h$ 1'.28",70..e di α Fen. o.$^h$ 16'.17",70
Aberrazione . . . . − 0,91 . . . . . . . − 1,11
Nutazione . . . . . − 0,93 . . . . . . . − 0,89

Passag. corretto..o.$^h$ 1'.26",86 . . . . . o. 16.15,70

Passaggio corretto di ϑ Scultore . . o.h 1'.26",86
Passaggio corretto di α Fenice . . . o. 16.15,70

Differenza. . . . . . . . . . . . . . . o. 14.48,84
Variazione del Pendolo . . . . . . . . . . . 0,00
Deviazione . . . , . . . . . . . . . . . − 0,01

Differenza media . . . . . . . . . . . o. 14.48,83
AR. di α Fenice. . . . . . . . . . . o. 16.42,54

AR.media di ϑ Scul.pei 15.Nov.1806... o. 1.53,71
Prec.annua di ϑ Scul.45,93; e in tempo
3,062. onde dai 15 Novembre al
principio dell' anno . . . . . . . . . − 2,68

AR. media di ϑ Scul. pel 1806 . . . . o. 1.51,03

## PROBLEMA XIV.

*Data l' AR. e la Declinazione di una stella coll' obliquità dell' Ecclittica trovare la sua longitudine e la sua latitudine.*

§ 127 Sia E (*fig.*37.*e* 38) il punto di Ariete, CE una porzione dell' ecclittica, NE una porzione dell' equatore, ed S la stella; sarà SA la sua declinazione; ed AE la sua AR. Ciò premesso, 1° si faccia passare pe' punti E ed S un arco di cerchio massimo, e ne risulterà il triangolo SAE rettangolo in A, nel quale, essendo noti SA ed AE si troverà primamente l'angolo SEA, in secondo luogo l' ipotenusa SE. Sarà

Cotan. SEA, = cot. SA sen. AE = cot. Decl. sen. AR.
Cosen. SE = cos. SA cos. AE = cos. Decl. cos. AR.
*Vedi Cagnoli* § 1448. 2ª *Ediz.*

2° Conducendo pel polo dell' ecclittica e per la stel-

la S un arco di cerchio massimo, sarà EB la longitudine, e BS la latitudine. Quindi nel triangolo SBE essendo noto il lato SE, e l'angolo BES, (somma o differenza dell'obbliquità e dell'angolo SEA) si avranno i due lati BE, ed SB, cioè la longitudine, e la latitudine: sarà tan. BE = tan. SE. cos. (SEA ∓ NEB) = tan. Ipoten. cos. angolo; e sen. SB = sen. SE sen. (SEA ± NEB) = sen. Ip. sen. angolo.

§ 128 *Nota* 1° Se l'AR. sia maggiore di 90° si prenda in suo luogo ciò che le manca a 180°; se maggiore di 180° e minore di 270° vi si sottraggano 180°; se finalmente sia maggiore di 270° si prenda il suo complemento a 360°; sempre in una parola si deve prendere la distanza della stella all'equinozio più vicino; avvertendo però di sostituire alla longitudine che si ha dall'analogia terza, nel 2° quadrante il complemento a 180°, nel terzo di aggiugnere 180°, e nel quarto di prendere il complemento a 360°.

2° L'angolo SEB, quando l'astro è nei segni boreali e la sua declinazione è australe, è sempre uguale a SEA + NEB, e similmente quando è nei segni australi e la sua declinazione è boreale; in tutti gli altri casi sarà sempre uguale alla differenza dei detti due angoli.

3° La latitudine che si ottiene dalla quarta analogia sarà sempre della denominazione medesima della declinazione, fuori del caso in cui l'angolo SEA sia sottrattivo, o minore di NEB., nel qual caso l'astro ritrovasi tra l'ecclittica e l'equatore, e quindi la sua latitudine è di denominazione contraria alla declinazione.

4° Se la somma de' due angoli SEA, NEB risulti maggiore di 90°, ciò indicherà che la perpendicolare SB cade dall'altra parte dell'equinozio più vicino. Perciò nel primo quadrante la longitudine sarà uguale al complemento a 360° della quantità che si ha dalla terza analogia; nel secondo vi si dovranno aggiungere 180°, nel

terzo si prenderà il supplemento a 180°, e nel quarto sarà la quantità medesima che si è trovata. Queste regole si renderanno inutili se per ogni caso si faccia la figura corrispondente.

## PROBLEMA XV.

*Data la longitudine e la latitudine di una stella coll' obliquità dell' eclittica, trovare la declinazione e l' AR. della stella.*

§ 129 Dalle analogie del problema precedente si ha similmente la soluzione del presente, solo che in esse al l' AR. si sostituisca la longitudine; e la latitudine alla declinazione. Quindi

1ª . . Cot. SEB = cot. SB . sen. BE = cot. lat. sen. long.

2ª . . Cos. SE = cos. SB . cos. BE = cos. lat. cos. long.

3ª . . Tang. EA = tan. SE . cos. (SEB ± NEB) = tang. Ipot. cos. angolo.

4ª . . Sen. SA = sen. SE . sen. (SEB ± NEB) = sen. Ipot. sen. angolo.

Le avvertenze che si debbono avere nell' uso di queste analogie sono a un di presso le medesime che si son dette nel problema precedente. Per altro una figura toglierà ogni difficoltà che potesse sopravvenire.

## PROBLEMA XVI.

*Data l' AR. e la Declinazione del sole trovare la sua longitudine, e reciprocamente data questa trovare quella.*

§ 130 Sia LE (*fig.* 36) una porzione dell' equatore, SE un' altra dell' eclittica, E l' obbliquità, ed SL la declina

zione del punto S dell' ecclittica, a cui corrisponde l' AR. LE. 1° Nel triangolo SEL essendo noto l' angolo E = all' obliquità, e dati LS, LE si troverà la longitudine SE, dicendo sen. E : sen. SL :: R : sen. SE, o sia sen. long.

$$= \frac{\text{Sen. Declinazione}}{\text{sen. Obliquità}}.$$

§ 131 2° Nello stesso triangolo dato SE si ha così SL come LE. Sen. SL = sen. E. sen. SE; e tan. SE = tan. SE cos. E.

§ 132 In questo stesso triangolo si può trovare l' an- S, o sia l' angolo dell' ecclittica col cerchio di declinazione, il quale è di uso frequente.

Cot. S = Tan. E cos. SE.

§ 133 Halley, La-Hire, e La-Caille hanno ridotto in tavole i valori che si hanno dalle tre formole precedenti, e servono per ridurre i diversi gradi di longitudine del sole all' equatore. La qual cosa rende i calcoli molto spe diti, quando dalla longitudine del sole si vuole dedurne la sua AR. e la sua declinazione. A queste tavole si suole aggiungerne due altre che s' impiegano quando si vuole convertire in AR. e Declinazione la longitudine e latitudine di un Pianeta, che non sia nell' ecclittica.

## PROBLEMA XVII.

*Data la distanza di un astro dal meridiano, o sia l' angolo orario, e data la sua declinazione coll' altezza del polo; trovare l' azzimuto dell' astro e la sua distanza dal vertice.*

§ 134 Sia HO (*fig.* 11) l' orizzonte, HZP il meridiano, EQ l' equatore, Z il vertice, P il polo, ed S l' astro. Nel triangolo ZPS, sarà SP il complemento della data declinazione SA, ZP il complemento dell' altezza del

polo EZ, ed SPZ l'angolo orario similmente dato. In questo triangolo si cerca 1° l'azzimuto VO misura dell'angolo SZP, 2° la distanza ZS dell'astro del vertice. Si riduce quindi il problema a trovare in un triangolo, di cui son dati due lati e l'angolo compreso, il terzo lato ed un angolo. Perciò ci serviremo delle analogie di Nepero, che trovansi nelle tavole, che il Cagnoli ha posto in piedi alla sua bella Trigonometria.

Si ha pertanto

$$\text{Tan. } \frac{1}{2} \text{ diff. angoli cercati} = \frac{\text{cot. } \frac{1}{2} \text{ ang.P.sen.} \frac{1}{2} \text{ diff.lati dati}}{\text{sen. } \frac{1}{2} \text{ somma lati dati}}$$

$$\text{Tan. } \frac{1}{2} \text{ som. ang. cercati} = \frac{\text{cot. } \frac{1}{2} \text{ ang.P.cos.} \frac{1}{2} \text{ diff.lati dati}}{\text{cos. } \frac{1}{2} \text{ somma lati dati}}$$

§ 135 Da queste due formole si hanno gli angoli Z, ed S, ossia l'azzimuto, e l'angolo al centro dell'astro, da altri detto *Angolo di variazione*, e da altri *Paralattico*. Con questo angolo o coll'azzimuto P, con una semplice proporzione, si ha il lato ZS, essendo

Sen. S : sen. ZP : : sen. P : sen. ZS.

§ 136 Quando il lato PS è maggiore di ZP, come accade il più delle volte, la somma dà l'azzimuto, e la differenza l'angolo di variazione, ma se sia ZP maggiore, in questo caso la differenza corrisponde all'azzimuto, e la somma all'angolo di variazione.

§ 137 *Esempio*. Pei 21 Marzo 1793 a $4.^h 55''$ di tempo sidereo si domanda l'azzimuto e la distanza dal vertice di Procione.

AR. di Procione pei 21 Marzo 1793 .... 112°.7'
Tempo sidereo ridotto in arco . . . . . 73. 45

Angolo orario di Procione . . . . . . . 38.° 22'
sua metà . . . . . . . . . 19. 11

Declin. di Procione 5.° 44' Bor... compl... 84. 16
Complem. dell'altezza del Polo di Palermo. 51. 53

Somma . . 136. 9
Differenza..... 32. 23

Metà della som. 68.° 4'.30"; metà del. diff. 16.° 11'.30"

| | |
|---|---|
| Lo.cot. 19.° 11' ....... 0.4585322... | log.cot. .... 0.4585322 |
| Log.se. 16. 11.30... 9.4453729... | log.cos. .... 9.9824224 |
| Co-l.se. 68. 4,30... 0.0326049... | co-l.cos. .... 0.4278343 |

L.Tan. 40.° 49'.40".. 9.9365180.. l.tan. 82.° 17'.50"... 0.8687889

Semidifferenza degli angoli S e P . . . . . . 40.° 49'.40"
Semisomma degli stessi . . . . . . . . . . . . 82. 17.50

Somma o sia azzimuto . . . . . . . . . . . . . 123. 7.30
Differenza degli archi suddetti = Angolo S.... 41. 28. 10

Conosciuto l' angolo S per ottenere il lato SP si faccia

Co-log. sen. S (= 41.° 28'. 10") . . . . 0.1789974
Log.sen. ZP (= 51. 53. ) . . . . 9.8958398
Log.sen. P (= 38. 22 ) . . . . 9.7928760

Log.sen. ZS = log. sen. 47.° 31'.30" = 9.8677132

## PROBLEMA XVIII.

*Data l' altezza del Polo, l' azzimuto e la declinazione di un astro, trovare la sua distanza dal vertice.*

§ 138 Nel triangolo ZPS conservate le denominazioni del problema precedente, e dato l' angolo Z, si cerca il lato ZS, ossia la distanza dell'astro del vertice. Nella Tav. VIII. delle formole, che trovansi in fine della Trigonometria del Cagnoli, abbassando dal polo P una perpendicolare sul lato ZS, si ha

Tan. 1° Segmento = cos. azzimuto . cot. latitudine

$$\text{Cos. } 2^\circ \text{ Segmento} = \text{cos. } 1^\circ \text{ Segmento} \left\{ \frac{\text{sen. declinazione}}{\text{sen. latitudine}} \right\}$$

1° Segmento ± 2° Segmento = alla distanza cercata.

Se l' azzimuto contato da settentrione sia maggiore di 90° si prenda la differenza de' segmenti, se minore si prenda la somma, o altrimenti si tenga conto dei segni delle funzioni circolari.

§ 147 Li 30 Marzo 1793 fu osservato nella nostra Specola un' azzimuto di Procione di 142° 51′ 39″, si cerca quale fosse allora l' altezza della stella sull' orizzonte.

Log.cos. 142.°51′.39″ . . . . . . . . . . 9.9015517
Log.cot. 38. 6.44 . . . . . . . . . . . 0.1054514

Log.tan. 1.° segm. = log.tan......45.° 27′.38″ = − 0.0069831

Log.cos. 1.° segmento . . . . . . . . . . . 9.8459652
Log.sen.declinazione . . . .(= 5.° 44′.26″B)9.0001167
Co-log.sen.latitudine . . . . . . . . . . . . . 0.2095675

Log.cos.2.° segm. = log.cos.....83.° 28′.23″ = 9.0556494
1.° segmento . . − 45. 27.38

Distanza dell' astro dal vertice....38.° 0′.45″

## PROBLEMA XIX.

*Trovare al centro dell' astro S l' angolo formato dai due cerchj SE, e PS di latitudine e di declinazione.*

§ 148 Sia P (*fig.*39) il polo dell'equatore LQ, E il polo dell'ecclittica TL; PM, EN due cerchj il primo di declinazione ed il secondo di latitndine, i quali incontrandosi nel centro dell' astro S, formano l'angolo PSE, che chiamasi *Angolo di posizione*, e di cui si cerca l'espressione. Per P ed E si conducano i due cerchj massimi PL, EL al punto di Ariete L, saranno gli angoli LPE, LEP, ciascuno retti; quindi nel triangolo SPE l'angolo P = 90° + AR. ed E = 90° — longitudine, SE la co-latitudine dell' astro, PS la co-declinazione, PE = obbliquità. Se dunque si dica

Sen. SE : sen. (90° + AR) : : sen. obliquità al quarto, si avrà sempre il seno dell' angolo cercato, che sarà

$$= \frac{\text{cos. AR. sen. obliquità}}{\text{cos.latitudine}}.$$

Si avrà ancora

Sen. SP : sen. (90 — long.) : : sen.obliquità al quarto, che sarà seno ang. di posizione $= \frac{\text{cos.long.sen.obbliq.}}{\text{cos.decl.}}$

# LIBRO III.

## DELLE STELLE.

§. 1 Avendo dato nel libro primo un' idea generale del cielo, e spiegato nel secondo quanto è uopo sapersi riguardo all' osservazione e al calcolo, non meno che rispetto alle operazioni e problemi di uso più frequente; siamo ora in grado d' intraprendere a parte a parte l' esame di tutt' i corpi celesti, esponendo e dimostrando ciò che fino a quest' epoca si è scoperto e stabilito. Incominciaremo per tanto dalle stelle, che sono i termini o punti fissi, ai quali riportiamo le nostre osservazioni, e secondo la posizione de' quali unicamente possiamo giudicare de' movimenti degli altri corpi celesti. Or ciò che intorno ad esse possiamo e dobbiamo investigare egli si è 1° la *Precessione*; 2° gli effetti dell' *Aberrazione*, e della *Nutazione* sui loro luoghi riportati ai varj cerchj della sfera; 3° le loro posizioni in epoche diverse; 4° la *Parallasse*; 5° la quantità e direzione de' *Movimenti proprj* di alcune; 6° la luce, grandezza, apparenza, ed altri fenomeni e congetture di minore considerazione. Questi argomenti formeranno la materia del presente libro.

## ARTICOLO I.

### *Cagioni de' movimenti apparenti delle stelle.*

§. 2 Avvegnachè sembri molto probabile che tutte le stelle siano in moto, non altrimenti che gli altri corpi celesti; nientedimeno tanta si è la distanza che le disgiunge dalla nostra terra, che in generale questi movimenti

loro non si possono rendere a noi sensibili. Le stelle adunque, assolutamente considerate, si possono e si debbono da noi risguardare a guisa di tanti punti fissi sparsi nell' immensità dello spazio; siccome si comprova dalle osservazioni di tutt' i tempi. Non è però così, se vengano riportate ai diversi cerchj e punti della sfera, i quali mutando di posizione, debbono esse similmente mutare rispetto ai medesimi, e presentarci altrettanti movimenti apparenti. Or tanto precisamente accade in forza della gravitazione reciproca che i varj corpi del nostro sistema spiegano a vicenda gli uni su gli altri. I piani dell' ecclitica e dell' equatore, e la mutua loro intersezione, soffrono continue picciolissime alterazioni nelle loro posizioni primitive, le quali, a poco a poco accumulandosi, rendono in fine sì diverse le longitudini, le AR$^{te}$, le declinazioni, e le latitudini, come se realmente le stelle medesime dai proprj loro luoghi nell' immensità dello spazio mosse si fossero, e passate in altri.

§. 3 Non è quì permesso di entrare nel calcolo delle forze, colle quali i pianeti si attraggono tra essi, attraggono il Sole, e ne sono reciprocamente attratti; convenevole si è però di dare qualche idea della maniera come agiscono, e dei principali effetti che debbono risultarne su i cerchj della sfera. Se la terra fosse perfettamente sferica, l' azione del Sole sarebbe uguale su tutte le diverse parti della sua superficie, nè altro farebbe che ritenerla nell' orbita sua, senza cagionarvi alcun dissestamento. Ma se sia più elevata all' Equatore che ai Poli, siccome lo è di fatto, in questo caso la zona equatoriale, per essere più vicina al Sole, sarà dal medesimo maggiormente attratta, e quindi sospinta verso il piano dell' ecclitica, in cui trovasi il Sole. Siccome però questa zona è intimamente legata e connessa colle altre parti della terra, non può essa cedere all' azione del Sole, senza che insieme cedano le altre parti, e si dissesti tutta la

terra dalla sua prima posizione.

§. 4 A conoscere in qualche maniera che debba venirne da questo dissestamento, si risolva la forza solare in due, delle quali sia una nel piano dell' equatore, e l' altra perpendicolare al medesimo; e ciò, così riguardo alla metà dell' equatore che rimane sopra l' ecclitica, come riguardo all' altra che resta per di sotto. Le due forze che giacciono nel piano dell' equatore, perchè uguali e contrarie, siccome è chiaro, si distruggeranno. Non rimarranno dunque che le altre due perpendicolari al piano dell' equatore, le quali in conseguenza tenderanno ad imprimere al medesimo piano un movimento di rotazione intorno alla linea de' nodi, ossia degli equinozj. E veramente non incontrando alcun' ostacolo queste due forze, la linea dei nodi conserverebbe sempre la stessa posizione sull' ecclitica, l' obbliquità di continuo diminuirebbe, e finalmente l' equatore si confonderebbe coll' orbe annuo. Ma l' equatore nel tempo medesimo che è spinto verso l' ecclitica dalla forza solare, è insieme costretto a rotare intorno al proprio asse pel movimento diurno di tutta la terra. Ogni particella della zona equatoriale, e quindi tutto l' equatore, dee dunque ubbidire a un tempo, e alla forza solare che lo sospinge verso l' ecclittica; e all' altra di rotazione, per cui si avanza d' Occidente in Oriente. Ora il movimento di rotazione intorno ai nodi, che nasce dalla prima, si converte dalla seconda in *retrocessione* de' nodi medesimi, senza che l' obbliquità ne venga punto alterata. A concepire la qual cosa sia (*fig.* 40) ♈E l' ecclittica, ♈Q l' equatore, ES il coluro de' solstizj, QQ' la forza solare che sospinge l' equatore verso l' ecclitica, SQ l' altra che lo fa avanzare di occidente in oriente; egli è chiaro che la risultante di queste due forze sarà SQ', e che secondo questa dovrà moversi il punto ♈, e tutto l' equatore. Dunque la linea de' nodi prenderà la posizione Q'♈', il coluro de'

solstizj passerà nella posizione $E'S$, il punto ♈ in ♈', e l' angolo $SQ'$ sarà uguale all' angolo $E'SE$. La rotazione della terra distrugge dunque l' azione del Sole contro l' equatore, e, conservando costante l' obbliquità, communica un movimento retrogrado ai nodi.

Nè il Sole unicamente agisce sulla zona o menisco equatoriale, la Luna per egual modo vi esercita la sua forza, facendo essa ancora retrocedere il punto di Ariete.

§. 5 Se l' azione di questi due corpi, il Sole e la Luna, si conservasse sempre la medesima, la retrocessione del punto di Ariete sarebbe costante uniforme, e l' obbliquità sempre la stessa. Ma queste due forze sono variabili, quella della Luna principalmente, come già accennato abbiamo (§. 65); ma quì giova ripeterne la causa. L' orbe lunare è inclinato all' ecclittica di cinque gradi circa, e i suoi nodi in 19 anni circa fanno l' intero giro del zodiaco: or da queste due circostanze insieme unite egli ne viene, che quando il nodo ascendente lunare è in Ariete l' inclinazione dell' orbe coll' equatore è di $28° \frac{2}{3}$, quando lo stesso nodo è giunto in Libra di $18° \frac{1}{3}$, e di $23° \frac{1}{2}$ essendo nel coluro dei Solstizj. Le variazioni in questi tre punti saranno dunque sensibilissime, e tanto maggiormente, che la forza lunare è a un di presso tripla della solare: sarà la variazione massima essendo il ☊ in Ariete, minima in ♎, e media nel coluro dei Solstizj. Qualunque però essa sia questa differenza, poicchè quanto è maggiore in un punto altretanto è minore nel punto opposto, così a capo di 19 anni circa, si avrà lo stesso effetto, come se la forza fosse sempre stata uniforme ed eguale alla media. Similmente riguardo al Sole la sua forza non è sempre la stessa in ogni punto dell' orbe suo. E' uguale alla media negli equinozj, da questi in poi cresce, e diviene massima nei solstizj. Vi sarà dunque un' altra variazione a cui anderà soggetta e la precessione media e l' obbliquità, e il

suo periodo sarà di un' anno, dopo del quale tutto si ristabilirà nel primo stato; indi tornerà a variare, e così progressivamente. A rappresentare la precessione media, e le due ineguaglianze periodiche cagionate dalla Luna e dal Sole possiamo supporre, che il Polo dell' equatore abbia tre movimenti insieme: uno sempre uguale, per cui i punti equinoziali, uniformemente retrocedendo, cagionano la *precessione media* di 50'' per anno, dovuta alla forza media del Sole e della Luna; un secondo variabile, il di cui periodo è di 19 anni; e un terzo similmente variabile del periodo di sei mesi: questo per le ineguaglianze prodotte dal Sole, e quello per le altre dovute alla Luna. Le ineguaglianze lunari sono sensibilissime, giungendo a nove in dieci secondi in più e in meno, e si hanno direttamente dall' osservazione; non però così le solari, delle quali Eulero fu il primo che ne parlò, nè prima di lui si era pensato a tenerne conto, per essere piccolissime: esse diminuiscono l' obbliquità ne' due solstizj di mezzo secondo circa, e nel corso di un' anno influiscono sulle longitudini non più di un secondo, in meno e in più. Queste ineguaglianze distinguonsi coi nomi di *Nutazione Lunare*, e *Nutazione Solare*, e prese insieme, col solo nome di *Nutazione luni-solare*.

§. 6 Ora attentamente considerando l' influsso della precessione media e delle due nutazioni sulle longitudini, latitudini, AR$^{te}$, e declinazioni delle stelle, si possono stabilire i seguenti canoni.

1.° La precessione media e la nutazione lunare non influendo che sulla posizione del Polo dell' equatore, quello dell' Ecclitica rimarrà immobile, e perciò dall' azione del Sole e della Luna non verranno punto alterate le latitudini.

2.° La precessione media farà egualmente variare tutte le longitudini, e inegualmente le AR$^{te}$.

3.° La nutazione lunare farà variare inegualmente le longitudini e le AR$^{te}$.

4.° Le declinazioni saranno variate da queste due cause insieme, cioè dalla precessione media e dalla nutazione lunare.

5.° Le stesse cose avranno luogo per la Nutazione solare; e poicchè riguardo a questa il polo dell' Equatore compie il suo giro in sei mesi, la medesima sarà sempre proporzionale alla doppia longitudine del Sole, e il suo effetto farà variare le declinazioni di 1'' nel corso di un' anno, cioè 0'',5 in più e meno; e farà similmente variare di 1'' le longitudini, prima in meno e poi in più.

§. 7 Oltre il Sole e la Luna, gli altri Pianeti ancora influiscono sulla posizione de' cerchj della sfera; la loro azione però non dipende dalla figura sferoidica della terra, ma dall' intiera massa della medesima. Ond' è che l' alterazione, che essi vi producono, non si rende sensibile che sull' ecclitica, a cui imprimono un movimento di oscillazione, e translazione secondo l' ordine dei segni.

§. 8 Quindi Precessione, Obliquità, Longitudini, e Latitudini, tutto cambia: mutata la precessione mutano le longitudini dell' intiera quantità per cui una precessione differisce dall' altra, e mutata l' obliquità mutano le latitudini, e nuovamente le longitudini, secondo il luogo a cui le stelle corrispondono nella sfera. Egli è vero che questi cambiamenti sono piccolissimi, nè si rendono sensibili che dopo lunga serie di anni, ma non perciò debbonsi trascurare. Essi sono dedotti dal principio generale dell' attrazione. Secondo le formole di la Grange, ed i calcoli di la Place, verificati dal Bar. de Zach, si hanno i seguenti movimenti secolari pel 1800.

1.° ... *Movimento diretto di* o di ♈ sull' ecclitica ..... 18'',506
2.° ... Lo stesso sull' Equatore . . . . . . . . . . . . . . 20,174
3.° ... *Decremento dell' Obbliquità* . . . . . . . . . . . . . 52,000
4.° ... *Incremento in Latitudine* ..+8'',0333.cos.Long.✱+52'',0.sen.Lon.✱
5.° ... *Decremento in Longitudine* ...18,506+(−8'',0333.sen.Lon.✱+52,''0 cos.Lon.✱).Tan.Lat.✱

§. 9 Il *movimento diretto* di o di ♈ può ricavarsi dall' osservazione ancora, come vedremo nell' articolo seguente. In ogni modo il calcolato sarà sempre più sicuro dell' osservato, a cagione della grande incertezza che lasciano le osservazioni su di sì piccola quantità, che in alcune nè tampoco si riconosce. La teoria però quasi intieramente ci abbandona, quando si tratta di rinvenire la precessione medesima, di cui il movimento diretto non è che una piccolissima frazione. D' Alambert ha tentata la soluzione di questo problema, ed altri dopo di lui; altro però non si è potuto stabilire se non se, che la quantità che risulta dall' osservazione non è smentita dall' attrazione.

§. 10 Il *Decremento dell' Obbliquità* è alquanto maggiore dell' osservato, che in questo secolo non risulta che di circa 44". Ma noi non conosciamo ancora pienamente tutti gli elementi del calcolo, le masse de' Pianeti in particolare. Questi movimenti nè sono nè possono esser costanti, siccome è facile a concepirsi. Debbono variare non solo di secolo in secolo ma di momento in momento, quantunque siano appena sensibili dopo lunga serie di anni. Il Bar. de Zach nella sua opera *Tabulae speciales Aberrationis ec. pag.* 26 dà il movimento diretto di o ♈, e la precessione per tutt' i secoli da 300 anni avanti Cristo fino al 2000 dell' era volgare.

Il decremento dell' obbliquità ha un limite, non maggiore di un grado e un terzo circa: ove lo raggiunga, lo che accaderà quando le posizioni de' nodi, che sono in continuo moto, avranno compita una semirivoluzione, allora il decremento si convertirà in aumento. Ma sull' epoca in cui ciò sia per avvenire l' analisi non ha parlato ancora.

## ARTICOLO II.

### *Precessione delle Stelle in Longitudine, in AR$^{ta}$, e in Declinazione*

#### PROBLEMA I.

*Date le longitudini di alcune stelle osservate in epoche diverse, trovare la precessione in Longitudine comune a tutte.*

§. 11 La precessione delle stelle in Longitudine, come abbiamo spiegato nell' articolo precedente, è dovuta insieme all' azione Luni-solare, che fa retrocedere i punti equinoziali, e all' azione de' Pianeti, che li fanno avanzare. E' la differenza di questi due movimenti comune a tutte le stelle. Questa da noi si osserva, e su questa non possiamo muovere dubbio. Noi la chiameremo *Precessione assoluta*; suole dirsi ancora *Precessione totale*.

§. 12 A rinvenire pertanto questo movimento di altro non è mestieri che di comparare insieme le longitudini delle stelle osservate in due epoche diverse, prenderne la loro differenza, e dividerla pel numero degli anni che disgiunge le prime dalle seconde. Ma in ciò voglionsi avere alcune avvertenze, e voglionsi fare alcune correzioni prima di conchiuderne la precessione, o movimento che si cerca.

1.° Non basta un' intervallo qualunque tra le osservazioni, nè basta che siano state replicate una o due volte. Il numero e l' intervallo debbono esser tali, che ragionevolmente si possa sperare, che degli errori inseparabili dalle osservazioni una parte si compensi dalla moltiplicità delle osservazioni medesime, e l' altra, ripartita sul numero degli anni del dato intervallo, si renda pressocchè insensibile. Le osservazioni anteriori alla scoperta

de' telescopj non si possono avere in molta considerazione; la loro antichità non compensando gli errori ai quali sono soggette. Tutto pesato, le migliori che attualmente si possono impiegare sono quelle della metà del secolo passato, cioè di Bradley, Mayer, e alcune di la Caille: questo grand' uomo, a cui deve moltissimo l' Astronomia, ha sempre travagliato con pessimi stromenti.

2.° Le osservazioni che si saranno prescielte debbonsi correggere degli effetti dell' Aberrazione, e della nutazione; onde le ARte e declinazioni, e quindi le longitudini che se ne deducono, non presentino che le sole differenze provenienti dalla precessione Luni-solare, e dall' azione de' Pianeti.

3.° Poichè l' azione de' Pianeti sulle Longitudini si risolve in due, in una cioè comune a tutte le stelle, e in un' altra particolare di ciascuna, ad ogni longitudine converrà applicare la correzione n.° 5. §. 8. Se le stelle non saranno nè molto boreali nè molto australi la correzione sarà appena sensibile, e per questa ragione da molti si è trascurata.

4.° In parecchie stelle si sono riconosciuti de' movimenti particolari, de' quali, sebbene se ne ignori la vera causa, si deve tenerne conto. Vuolsi dunque, per questi ancora, farvi la dovuta correzione.

§. 13 Prenderemo, per esempio del modo come si deve procedere, alcune delle principali stelle osservate in anni diversi e con somma diligenza dal Bradley; e ridottele al principio del 1755, a cui prossimamente corrisponde il loro mezzo, le compareremo colle nostre del 1805.

| Nomi delle Stelle | LONGITUDINI Del Bradley pel 1755 | Nostre pel 1805 | Precessione osservata | Correzione pei movimenti proprj | Correzione per l'azione de' pianeti su ciascuna Stella |
|---|---|---|---|---|---|
| Algenib | 5. 44. 37,44 | 6. 26. 21,34 | 50,0780 | −0,0348 | +0,0958 |
| Aldebaram | 66. 21. 52,92 | 67. 3. 47,90 | ,2996 | −0,0317 | −0,0106 |
| Rigel | 73. 24. 22,31 | 74. 6. 15,85 | ,2708 | +0,0004 | −0,0344 |
| α Orione | 85. 20. 0,34 | 86. 11. 51,31 | ,2194 | −0,0024 | +0,0132 |
| ε Gemini | 96. 34. 8,05 | 97. 12. 56,23 | ,1636 | −0,0452 | −0,0043 |
| ε Leone | 132. 16. 59,95 | 132. 58. 44,92 | ,1594 | −0,0393 | +0,0635 |
| Regolo | 146. 25. 26,58 | 147. 7. 7,53 | ,0190 | −0,2678 | −0,0032 |
| Spica | 200. 25. 27,86 | 201. 2. 15,11 | ,1449 | −0,0584 | +0,0136 |
| α Serpente | 228. 38. 21,00 | 229. 20. 17,48 | ,3296 | +0,1572 | −0,1132 |
| β Scorpione | 239. 46. 11,04 | 240. 28. 2,71 | ,2334 | +0,0175 | −0,0027 |
| Antares | 246. 20. 33,57 | 247. 2. 20,55 | ,2736 | +0,0608 | +0,0084 |
| γ Aquila | 297. 31. 46,42 | 298. 13. 27,96 | 50,0296 | +0,0939 | +0,1640 |
| Deneb | 331. 59. 35,93 | 332. 38. 52,58 | 49,5346 | +0,[illegible]731 | +0,6698 |
| γ Aquario | 333. 17. 25,21 | 333. 59. 17,21 | 50,2400 | +0,0188 | +0,0618 |
| Markab | 350. 4. 25,27 | 350. 46. 11,24 | ,1194 | +0,0536 | +0,1435 |
| Medio . . . . . . . . . . . . . |  |  | 50,1414 | +0,0064 | +0,0625 |

Quindi precessione annua *osservata* . . . . . . 50,1414

| | | |
|---|---|---|
| Correzioni | Movimento particolare delle stelle in Longitudine . . . . . . . . . . . . | + ,0625 |
| | Movimenti proprj delle stesse . . . | + ,0064 |

(1°) Precessione annua *assoluta* . . . . . . . 50,2103
(2°) Dalle 34 stelle di Maskeline del 1770 colle mie del 1805 . . . . . . . . . . . . . . 50,2110
(3°) De-Lambre dalle sue osservazioni e quelle di Bradley, La-Caille e Mayer . . . 50,1009
(4°) Zach dalle sue AR<sup>te</sup> e dalle declinazioni di Henry, colle AR<sup>te</sup>, e declinazioni di Mayer e Bradley . . . . . . . . . . . 50,0540

Medio . . . . . . . . . . . . . 50,144

La diversità di questi risultati abbastanza dimostra, che sulla precisa quantità della precessione vi è tuttavia l' incertezza di una decima di secondo per lo meno. In questo dubbio non saprei dipartirmi da 50,"2110 (n. 2°), che ho stabilito nel *Libro VI. del R. Osservatorio*, *pagina* 44, e ciò per le ragioni ivi esposte.

§. 14 Ove pertanto si debba ridurre la longitudine di una Stella da un' epoca ad un' altra, si dovrà impiegare questa precessione assoluta, o quell' altra qualunque delle riferite che si giudicherà più sicura. Inoltre converrà correggere le longitudini ridotte del loro *decremento* secondo la formola §. 8 n. 5.

Se alla *precisione assoluta*, che si sarà adottata, è sia per esempio la nostra . . . . . . . . . . . 50,2110
si aggiunga il *movimento diretto* di 0 ♈ sull' ecclittica . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ,1800

La somma sarà l' intera *precessione luni-solare* 50,391

§. 15 La precessione si può dedurre ancora dalle sole declinazioni: e poichè su di esse punto non influisce

il dissesto dell' ecclittica, se ne avrà l' intera precessione luni-solare, o sia la precessione non affetta dal movimento di o ♈. In una mia Memoria inserita nelle effemeridi di Milano del 1804 comparate avendo le declinazioni del Mayer pel 1756 colle mie del 1800, per un medio di molti confronti ho trovato . . . . . . 50,255
e similmente avendo comparate le AR.te mi è venuto . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 50,064

Perciò movimento diretto di o ♈ dall' osservazione 0,191

PROBLEMA II.

*Data la precessione luni-solare coll' obbliquità dell' ecclittica, e colla longitudine e latitudine della stella, trovare la sua precessione in declinazione.*

§. 16 Sia (*fig.* 41) A A' l' ecclittica, E il polo, B B' l' equatore, P il polo, ♈ la sezione d' Ariete, S una stella; se dai due poli E, P s' intendano condotti in ♈ e S i rispettivi archi di cerchi massimi P ♈, E ♈, P S, E S, sarà 1° E ♈ P uguale all' inclinazione de' cerchi A A', B B', o sia all' obbliquità dell' ecclittica, e l' arco E P misura dall' angolo E ♈ P. 2° E S = colatitudine, P S = codeclinazione, ♈ E S = longitudine, ♈ P S = AR della stella S. Quindi chiamando L la longitudine, $l$ la latitudine, D la declinazione, A l' AR., e $\omega$ l' obbliquità; avremo sen. E S = cos. $l$, cos. E S = sen. $l$, sen. ♈ E S = sen. longitudine = sen. L, cos. ♈ E S = sen. S E P = cos. L, sen. P S = cos. D, cos. P S = sen. D, sen. ♈ P S = sen. A R = sen. A,

La precessione annua faccia ora passare ♈ in ♈'; P, descrivendo contemporaneamente un cerchio intorno al polo E, passerà in $p$; onde condotto come sopra dai poli E, $p$ gli archi di cerchio massimo E ♈', e $p$ S, la

sola colatitudine E S si conserverà come nel primo caso, tutto il rimanente cambierà: sarà $\Upsilon' E S = \Upsilon E S + \Upsilon' E \Upsilon = \Upsilon \Upsilon' + \Upsilon S'$, e fatta la precessione annua $\Upsilon \Upsilon' = d.L$: sen. $\Upsilon' E S =$ sen. $(L + d. L) =$ cos. $S E P$, $pS = PS - Pq$, e $Pq$ la variazione in declinazione cagionata dalla precessione, quindi cos. $pS =$ sin. $(D + d. D)$.

Ciò premesso, a trovare $Pq$ è mestieri considerare i due triangoli $SEP$, $SEp$: si ha (*lib.* 2 §. 4)

Dal primo,

cos. $PS =$ cos. $EP$ . cos. $ES$ + cos. $PES$ . sin. $PE$ . sin. $ES$.

Dal secondo,

cos. $pS =$ cos. $Ep$ . cos. $ES$ + cos. $pES$ . sin. $PE$ sin. $ES$,

e sottratto il primo dal secondo, per essere $EP = Ep$,

cos. $pS$ — cos. $PS =$ sin. $ES$ . sin. $PE$ (cos. $pES$ — cos. $PES$).

Fatte quindi le opportune sostituzioni, sen. $(D + d. D)$ — sen. $D =$ sen. $\omega$ cos. $l$ [ sin. $(L + d. L)$ — sen. $L$ ]. Ma la differenza de' seni è uguale al prodotto del seno della semisomma degli archi nel coseno della semidifferenza (*Cagnoli Tav. II. n.°* 23), quindi sen. $\frac{1}{2} d. D$ cos. $(D + \frac{1}{2} d. D) =$ sen. $\omega$ cos. $l$ sen. $\frac{1}{2} d. L$ . cos. $(L + \frac{1}{2} d. L)$, e

$$\text{sen. } \tfrac{1}{2} d. D = \frac{\text{sen. } \omega \text{ cos. } l \text{ sen. } \frac{1}{2} d. L \text{ . cos. } (L + \frac{1}{2} d. L)}{\text{cos. } (D + \frac{1}{2} d. D)} \quad \ldots \quad (P. D.)$$

### PROBLEMA III.

*Cogli stessi dati del problema precedente, trovare la precessione in ascensione retta.*

§. 17 Nel triangolo EPS, tan. $P = \frac{\text{sen. } E}{\text{sen.} PE \text{ . cot. } ES - \text{cos. } PE \text{ . cos.} ES}$ (*Cagnoli Tav. VII. n.* 13). Ma tan. $P = -$ cot. $A$, sen. $E =$ cos. $L$, cot. $ES =$ tan. $l$, cos. $E =$ sen. $L$, sen. $PE =$ sen. $\omega$, quindi tan. $A =$ cos. $\omega$ tan. $L - \frac{\text{sen. } \omega \text{ tan. } l}{\text{cos. } L}$ e chiamando A' la seconda AR della stella, o sia l' an-

golo $\Upsilon' p S$, dal triangolo $E p S$ si avrà similmente

$$\text{tan. } A' = \cos.\,\omega \,\text{tan.}\,(L + d.\,L) - \frac{\text{sen. }\omega\,\text{tan. } l}{\cos.\,(L + d.\,L)}, \text{ e } \ldots\ldots$$

$$\text{Tan. } A' - \text{tan. } A = \begin{cases} + \cos.\,\omega\,[\,\text{tan. }(L + d.\,L) - \text{tan. } L\,] \\ - \text{sen. }\omega\,.\,\text{tan. } l\,.\left[\frac{1}{\cos.(L + d.L)} - \frac{1}{\cos.\,L}\right] \end{cases}$$

Alle differenze delle tangenti si sostituiscano i loro valori ne' seni, e co-seni ( *Cagnoli Tav. II.* ) e si avrà

$$\frac{\text{sen. }(A' - A)}{\cos.\,A' \cos.\,A} = \frac{\cos.\,\omega\,\text{sen. } d.\,L - 2\,\text{sen. }\omega\,\text{tan. } l\,\text{sen.}(L + \frac{1}{2}d.L)\,\text{sen. }\frac{1}{2}d.\,L}{\cos.\,L\,\cos.\,(L + d.\,L)}$$

e per essere $\text{sen. } d.\,L = 2\,\text{sen. }\frac{1}{2}\,d.\,L\,\cos.\,\frac{1}{2}\,d.\,L$ si avrà $\text{sen. }(A' - A) = d.\,A = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$$\frac{2\,\text{sen. }\frac{1}{2}\,d.\,L\,\cos.\,A'\,.\cos.\,A}{\cos.\,L\,.\,\cos.\,(L + d.\,L)}\left[\cos.\,\tfrac{1}{2}\,d.L\,\cos.\omega - \text{sen.}\omega\,.\,\text{tan. } l\,\text{sen.}(L + \tfrac{1}{2}\,d.L).\right]$$

Ora nel triangolo $E P S$ si ha sen. $E P S$ : sen. $E S$ : : sen. $S E P$ : sen. $P S$, o sia cos. $A$ : cos. $l$ : : cos. $L$ : cos. $D$; similmente nel triangolo $E p S$ si ha cos. $A'$ : cos. $l$ : : cos. $(L + d.\,L)$ : cos. $(D + d.\,D)$, quindi

$$\frac{\cos.\,A\,.\,\cos.\,A'}{\cos.\,L\,\cos.\,(L + d.\,L)} = \frac{\cos.^2\,l}{\cos.\,D\,.\,\cos.\,(D + d.\,D)}$$ valore che sostituito nell' equazione precedente darà in fine sen. $(A' - A) =$

$$\frac{2\,\text{sen. }\frac{1}{2}\,d.L\,\cos.^2\,l}{\cos.D\,.\,\cos.\,(D + d.D)}\left[\cos.\omega\,\cos.\tfrac{1}{2}\,d.L - \text{sen.}\omega\,\text{tan.}l\,\text{sen.}(L + \tfrac{1}{2}d.L)\right] \ldots (P.A.)$$

§. 18 Le due formole *(P.D.)*, *(P.A.)* sono rigorosissime, ma più cose conviene avvertire intorno ad esse, onde giovarsene con profitto.

1.° Il movimento di o $\Upsilon$ non potendo indurre alcuna variazione nè sulla precessione in declinazione, nè sulla seconda parte di quella in AR; nelle formole si deve introdurre sempre le precessione luni - solare, e non già l' assoluta.

2.° Dalla precessione in AR sempre converrà sottrarre il movimento di o $\Upsilon$ sull' equatore.

3.° Poichè la precessione in declinazione secondo la formola *(P.D.)* dipende dalla stessa precessione che si cer-

ca, ove questa non si conosca prossimamente, si calcoli colla declinazione data, e colla precessione che ne verrà si torni a calcolare, replicando una seconda volta lo stesso calcolo: l'ultima precessione sarà esattissima.

4.° Nelle due formole, $d.\,L$ indicando la precessione luni-solare di un anno, quante volte si cercheranno le precessioni per un numero di anni $n$, di cui $m$ ne sia la metà; dovrà farsi $\frac{1}{2} d.\,L = m\,.\,50'',39$; $\frac{1}{2} d.\,D = m\,d.\,D$; e il movimento di 0 $\Upsilon$ sull' equatore $= n\,.\,0'',2017$: onde

$$\text{sen.}\, m\, d.\, D = \frac{\text{sen.}\, m\,.\,50'',39\ \text{sen.}\,\omega\,.\,\text{cos.}\,l\,.\,\text{cos.}\,(L + m\,.\,50'',39)}{\text{cos.}\,(D + m.\,d.\,D)};\ \text{e}$$

$$\text{sen.}\,(d.\,A + n\,.\,0'',2017) = \ldots$$

$$\frac{2\,.\,\text{sen.}\, m.50'',39\ \text{cos.}^2 l}{\text{cos.}\,D\ \text{cos.}\,(D + n\,.\,d.D)}\left[\text{cos.}\,\omega\ \text{cos.}\,m\,.\,50'',39 - \text{sen.}\,\omega\ \text{tan.}\,l\ \text{sen.}\,(L + m\,.\,50'',39)\right]$$

5.° L' obbliquità che dovrà impiegarsi sarà sempre la media, e che corrisponde al numero $m$.

6.° A distinguere quando la precessione è negativa, e quando è positiva di altro non è mestieri, che di fare attenzione alle regole de' segni de' seni, coseni, e tangenti, secondo i diversi quadranti, ai quali corrisponde la stella, e secondo che la latitudine, e la declinazione sono boreali o australi. La declinazione boreale è sempre positiva, e negativa l' australe.

ESEMPIO.

Si cercano le precessioni della polare dal primo Gennaro 1804 al primo Gennaro 1815.

1804

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AR della polare . . | 13° | 20' | 12'',3 | . . Declinaz. | 88° | 15' | 43'',0B |
| Longitudine . . . | 85 | 49 | 34,7 | . . Latitudine | 66 | 4 | 39,2 |
| Obbliquità pel 1810 | 23 | 27 | 51,6 | | | | |

$n = 11$ . . $m = 5{,}5$ . . Prece. annua luni-solare $= 50'',3884$
$\frac{1}{2}\, d.\, L = m\, d.\, L = 4'\ 37,''\ 13$ . . $L + \frac{1}{2} d.\, L = 85°\ 54'\ 11''\ 83$

*Calcolo della Precessione in Declinazione.*

| | ° | ' | " | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sen. | 0 | 4 | 37,13 | . . . . . Log. . . | 7,1282579 |
| Sen. | 23 | 27 | 51, 6 | . . . . . . . . . . . | 9,6000770 |
| Cos. | 66 | 4 | 39, 2 | . . . . . . . . . . . | 9,6080380 |
| Cos. | 85 | 54 | 11, 8 | . . . . . . . . . . . | 8,8539441 |
| Cos. | 88 | 15 | 43, 0 | . . . . . Co-lo. . | 1,5181263 |

log. Sen. $m$. $d$. D ($=$ 1' 45" 4) $=$ . . . 6,7084433

Si ripeta il calcolo con 88° 17' 28", $4 = D + m\, d.\, D$, e si troverà $m\, d.\, D = 1'\ 47'',\ 2$, perciò precessione in undici anni $= 3'\ 34'',\ 4$. Un terzo calcolo non darà maggiore precisione.

*Calcolo della Precessione in AR.ta*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 . . . . . . . . . log. | 0,3010300 | Cos. ω log. . | 9,9625152 |
| Sen. $m$ $d$. L . . . . . | 7,1282579 | Cos. $m$ . $d$. L | 9,9999996 |
| Cos.² $l$ . . . . . . . . . | 9,2160760 | Log. B . . . | 9,9625148 |
| Cos.(D+$n$ $d$.D) co-lo. | 1,5332780 | | |
| Cos. D . . . . co-lo. | 1,5181254 | Sen. ω log. . | 9,6000770 |
| | | Tan. $l$ . . . . | 0,3530000 |
| | | Sen.L+$m$ $d$.L | 9,9988883 |
| Log. A . . . . . | 9,6967673 | Log. C . . . | 9,9519653 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Numero B . . . | 0,917307 | | |
| Numero C . . . | 0,895293 | | |
| Differenza . . | 0,022014 | Log. . . . . | 8,3426990 |
| | | Log. A . . . | 9,6967673 |
| Log. Sen. ($d$. A + $n$ . 0,2017) . . . . . . | | | 8,0394663 |

Quindi $d.\ A + 2'',219 = 37'.38'',82$

E precessione in AR della polare dal

| | |
|---|---|
| 1804 al 1815 . . . . . . . . . . . . . . . | + 37′ 36,″ 60 |
| AR della Polare pel primo Gennaro 1804 . | 13° 20 12, 30 |
| AR pel primo Gennaro 1815 . . . . . . . | 13 57 48, 90 |
| Osservata . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 13 57 42, 00 |
| Differenza . . | 6, 9 |

§. 19 A valersi delle precedenti formole, dalle declinazioni, e dalle AR., che si osservano conviene risalire alle longitudini e latitudini: la quale cosa se non è difficile, è però e molesta e lunga, principalmente se si abbiano a ridurre un gran numero di osservazioni. Altre formole si sono quindi rinvenute, le quali se non godono di tutto il vantaggio del rigor geometrico, in quanto agli usi comuni e più frequenti dell'Astronomia, niente lasciano a desiderare. Esse non dipendono che dalla declinazione e dalla AR[ta], e si dimostrano per mezzo delle serie, o col soccorso delle analogie delle differenze finite delle linee trigonometriche. Questo secondo metodo è più semplice e spedito, e di esso si è giovato il Signor Cagnoli nella sua Trigonometria (§. 1523), al quale ci rimettiamo.

Si ha pertanto:

$$\text{Preces. in decl.} = d.\ \text{L sen. } \omega \text{ cos. } (A + \tfrac{1}{2} d.\ A)$$

$$\text{Preces. AR.} =$$

$$d.\ \text{L cos. } \omega + d.\ \text{L sen. } \omega \text{ sen. } (A + \tfrac{1}{2} d.\ A) \text{ tan. } (D + \tfrac{1}{2} d.\ D) - n.\ 0'',2017.$$

Sia, come sopra, $p$ la precessione annua in declinazione, $q$ l'altra in AR, $n$ il numero di anni per cui si cercano le precessioni, $m$ la metà, sia ancora $d.\ L = 50,''39$, $\omega$ o sia l'obbliquità $= 23.° 27' 50''$, come da noi si è stabilita pel 1810; sarà $\frac{1}{2} d.\ D = mp$, $\frac{1}{2} d.\ A = mq$, $d.\ \text{L cos. } \omega = 46'',2242$, $d.\ \text{L sin. } \omega = 20'',0642$.

$d.$ L. cos. $\omega$ — $0'',2017 = 46'',0225$ : avremo quindi

Preces. decl. $= n \cdot 20'',0642 \cdot \cos.(A + mq)$

Preces. AR $=$

$n \cdot 46'',0225 + n \cdot 20{,}0642 \cdot \text{sen}.(A + mq)\tan.(D + mp)$

§. 20 A ridurre pertanto le posizioni delle stelle da un epoca a un altra, converrà 1.° colle AR e declinazioni dell' epoca da cui si parte calcolare le due precessioni per un anno. 2.° Ciascuna moltiplicarla per $m$. 3.° I prodotti aggiugnerli o sottrarli dalle rispettive AR e declinazioni, secondo che esse aumentano o diminuiscono. 4.° Colle AR.te e declinazioni, così ridotte che diconsi *intermedie*, compire la riduzione.

In queste formole si suppone che le precessioni, o sia le variazioni in AR e in declinazione siano proporzionali al tempo; la quale cosa non è rigorosamente vera, a cagione principalmente de' seni e delle tangenti. Ma ciò non produce che piccolissime differenze, le quali, se si eccettuino poche stelle troppo vicine al polo, sulle altre non si rendono affatto sensibili, per quanto almeno riguarda gli usi ordinarii degli Astronomi, siccome più sotto lo faremo vedere con un esempio. Di queste formole pertanto potremo valerci per lunga serie di anni, senza che sia necessario farvi correzione alcuna. Solo, quando si trattasse di un intervallo oltre ad un secolo, converrebbe introdurvi la precessione luni-solare e l' obbliquità corrispondente al tempo intermedio.

§. 21 Come in esempio abbiamo applicato alla Polare le prime formole, così alla stessa stella applicheremo le seconde. Ciò insieme servirà a farci conoscere il massimo errore, a cui esse possono andare soggette. Cercheremo pertanto come sopra la riduzione dal 1804 al 1815.

1804

AR della polare . . 13° 20' 12'',3 . . Declinaz. 88° 15' 43'',

*Prima parte del calcolo.*

| Prece. in decl. per un anno. | | Preces. in AR. per un anno. | |
|---|---|---|---|
| 20",0642 . . log. | 1,3024212 | 20,0642 . . . log. | 1,3024212 |
| Cos. AR. . . . | 9,9881269 | Sen. AR. . . . . . | 9,3629957 |
| | | Tan. D . . . . . . . | 1,5179258 |
| $p$=Pre.=19",52 . . | 1,2905481 | Seco.par. 152,53. | 2,1823427 |
| | | Prim.par. 46,02 | |
| | | Pre.inAR.=198,55 = $q$ | |

*Seconda parte del calcolo.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| AR . . . . . | 13° 20′ 12",3 . . . | Declin. . | 88° 15′ 43",0 |
| $mq$ . . . . . . . | 18 12 ,0 | $mp$ . . . . . | 1 47 ,3 |
| AR.intermedia .. | 13 38 24,3 .. | Decl. inter. .. | 88 17 30,3 |

| Preces. in AR. | | Preces. in Declin. | |
|---|---|---|---|
| 11. . . . . . . . . log. | 1,0413927 | . . . . . . . . | 1,0413927 |
| Log.costante. . . . . | 1,3024212 | . . . . . . . . . | 1,3024212 |
| Sen.AR.inter. . . . . | 9,3725874 | Cos. AR. int. | 9,9875754 |
| Tan. decl. inter. . . . | 1,5254423 | | |
| | | 214",147 . | 2,3313693 |
| Secon.par. 1745",2 . | 3,2418436 | | |
| Pri.par. . . 506 ,2 | | | |
| . . . 2251 ,4 | | | |

Precessione della Polare in AR. e in declinazione dal 1804 al 1815.

| | in AR. | | in declin. |
|---|---|---|---|
| Dalle prime form. in AR. | 37′ 36",60 ... | in declin. | 3′ 34",20 |
| Dalle seconde . . . . . . | 37 31 ,40 ... | . . . . | 3 34 ,47 |
| Differenza . . . . . . . . | 5 ,20 . . | . . . . . . . | 0 ,27 |

Se per tanto in undici anni sulla Polare stessa l'errore non è che di 0",3 in declinazione, e di 5" in AR. 1.° La precessione in declinazione, qualunque sia la stella, si potrà sempre calcolare colle seconde formole. 2.° La precessione in AR.ta, essendo la stella per una ventina di gradi circa lontana dal polo, si potrà similmente calcolare colle seconde formole, senza timore di errore sensibile. 3.° Le riduzioni della Polare da un anno all'altro si potranno fare colle stesse formole: poichè l'errore non sarà che di mezzo secondo circa, e questo stesso si ridurrà a meno ancora, dividendo l'anno in quattro parti, e cercando la precessione, che corrisponde a ciascuna parte separatamente. 4.° Nelle riduzioni ordinarie generalmente tornerà sempre meglio preferire le seconde formole alle prime, e giovarsi di queste ne' soli casi, ne' quali si mira alla più scrupolosa esattezza.

A maggiormente facilitare questi calcoli da varii Astronomi si sono disposte delle Tavole, dalle quali si hanno le precessioni quasi a colpo d'occhio. Tali sono tra le altre quelle che il Cavaliere De Lambre ha inserite nella *conoscenza de' tempi* del 1792 pag. 216.

## ARTICOLO III.

### *Formole delle ineguaglianze cagionate dalla Nutazione.*

§. 22 I principali fatti, che condussero il Bradley alla scoperta della Nutazione, per altro già indicata dalla teoria dell'attrazione, come accennato abbiamo (§. 65 *lib. II.*) si riducono ai seguenti. Osservate, ne' quattro principali punti della rivoluzione del nodo ascendente lunare, l'obbliquità dell'ecclittica, e le declinazioni delle stelle, che giacciono nel coluro de' Solstizii; e spogliate delle ineguaglianze indotte dalla precessione, e dall'aberrazione

della luce, offrono ancora nuove particolari differenze. Passando il nodo da Ariete in Capricorno diminuiscono e l' obbliquità e le declinazioni, e questo loro decremento si va sempre facendo maggiore fino a che giunto il nodo in Libra diviene massimo; da Libra diriggendosi il nodo verso Cancro aumentano le declinazioni e l' obbliquità, e divengono massime e questa e quelle al ritorno del nodo in Ariete. Il massimo aumento è uguale al massimo decremento, e la differenza è di 19" circa: in Cancro e in Capricorno non vi ha differenza alcuna, le declinazione e l' obbliquità, che si osservano quando il nodo è in Capricorno, essendo uguali alle altre che si hanno quando giunge in Cancro.

§. 23 Questi fenomeni sono quali prossimamente si osserverebbero, se mentre il nodo giunge in Ariete il Polo dell' Equatore scendesse verso l' Equatore medesimo per 9" sul coluro de' Solstizii; e partendo da questo punto, nel momento che il nodo parte da Ariete, l' uno e l' altro con moto retrogrado e in tempi uguali, descrivessero, quello un circoletto del raggio di 9" intorno al suo primitivo luogo, e questo l' intera eclittica.

§. 24 Sia (*fig.* 42) ♈ E ♎ l' ecclittica, ♈ G ♎ l' equatore; P il suo Polo. L' angolo E ♈ G rappresenterà l' obbliquità: or quando il ☊ è in Ariete questo angolo si osserva maggiore di 9": dunque l' equatore dalla posizione ♈ G ♎ passa nella posizione ♈ H ♎: dunque il Polo P è disceso in A: nella supposizione pertanto, che mentre il nodo descrive l' ecclittica, il punto A descriva il circoletto A B C D, quando il ☊ sarà giunto in Capricorno il punto A o il Polo sarà pervenuto in B: dunque il Polo sarà ritornato alla sua prima distanza, e l' equatore nella sua prima posizione ♈ G ♎: passa il nodo da Capricorno in ♎, il nodo sarà in C, l' equatore si sarà dunque avvicinato all' eclittica, e avrà presa la posizione ♈ F ♎; l' obbliquità sarà diminuita in questo

punto di quanto era cresciuta in ♈: finalmente il nodo perviene in Cancro, il Polo verrà in D, e l' equatore riprenderà la posizione ♈ G ♎. E ciò si è realmente quanto a un di presso si osserva. Se quindi l' equatore è in una continua oscillazione da H in F, e da F in H, egli è lo stesso considerare questi movimenti nell' equatore medesimo, o nel suo polo. Ma considerandoli nel polo, meglio si possono spiegare e dimostrare le ineguaglianze, che debbono soffrirne l' obbliquità, le longitudini, le ascensioni rette, e le declinazioni; in questo giuoco, tolte le latitudini, tutto cambiando. L' ipotesi per tanto proposta dal Machin della rivoluzione del polo dell' equatore in un cerchio, il di cui centro fosse il punto medio delle variazioni descritte, da principio fu generalmente abbracciata: in seguito però essendosi riconosciuto, che a rappresentare tutt' i fenomeni della Nutazione meglio conveniva l' ellisse, questa venne sostituita a quello.

A maggiore chiarezza e facilità noi primamente cercheremo le formole supposto il movimento del polo in un cerchio, indi le altre, che debbono venire nell' elissi; e così nell' una, come nell' altra parte, ci gioveremo delle dimostrazioni e metodo del Cav. De Lambre.

### PROBLEMA VI.

*Trovare le formole delle variazioni dell' obbliquità, e de' punti equinoziali per cagione della Nutazione.*

§. 25 Sia ♈ F ♎ (*fig.* 43) l' ecclittica, ♈ E ♎ l' equatore, A B C D il cerchio che descrive il polo apparente intorno al polo medio P, P E il coluro de' Solstizii, e O il luogo del polo apparente per un dato istante. Da O come centro si descriva l' arco ♈' I G $b$, e da P per O si conduca l' arco P O $a$ $b$, che incontrerà perpendicolarmente i due equatori in $a$, e in $b$. Sarà 1° ♈' I G $b$

la posizione dell' equatore, posto il polo apparente in O. 2° Gli angoli in $a$ e $b$ retti, e quindi I polo dell' arco $ab = PO$, e misura dell' angolo $\Upsilon I \Upsilon'$. 3° Essendo partiti insieme il $\Omega$ da $\Upsilon$, e il polo da A, il $\Omega$ sarà nel primo quadrante, e la sua longitudine uguale all' angolo $OPA = EPa$, onde $a\Upsilon = 90° + \text{lon.}\ \Omega$, e $\Upsilon I = \text{lon.}\ \Omega$. 4° Nel triangolo $\Upsilon I \Upsilon'$, ove l' angolo in $\Upsilon$ è l' obbliquità media $= \omega$, e l' angolo in $\Upsilon'$ il complemento a 180° dell' obbliquità apparente $= \omega'$; $\omega' - \omega$ variazione dell' obbliquità, $\Upsilon \Upsilon'$ variazione de' punti equinoziali in longitudine, e abbassata da $\Upsilon'$ la perpendicolare $\Upsilon' p$, $\Upsilon p$ loro variazione in ascensione retta. Rimane ora a trovarsi l' espressione di ciascuna di queste tre variazioni.

§. 26 1° *Variazione dell' obbliquità*. Nel triangolo $\Upsilon \Upsilon' I$ (*Cagnoli Tav. VII.* n. 8) $\cos. \Upsilon\Upsilon' I = \cos. \Upsilon I \sin. I . \sin. \Upsilon - \cos. I \cos. \Upsilon$, o sia $\cos. (180 - \omega') = - \cos. \omega' = \cos. \Omega \sin. 9'' \text{sen.}\ \omega - \cos. 9'' \cos. \omega$; ma $\cos. 9'' = 1 - 2\ \text{sen.}^2 4'',5$, quindi sostituendo e trasponendo $\cos. \omega - \cos. \omega' = 2 \cos. \omega \sin.^2 4'',5 + \text{sen.}\ 9'' \text{sen.}\ \omega \cos. \Omega = \text{sen.}\ 9'' \text{sen.}\ \omega \cos. \Omega$, senza errore sensibile, per essere il primo termine rispetto al secondo quantità di secondo ordine, e pressochè infinitesima. Alla differenza de' coseni si sostituisca il loro valore nel seno della semisomma moltiplicata pel doppio del seno della semidifferenza degli archi (*Cagnoli Tav. II. num.* 24) e si avrà $2\ \text{sen.}\ \frac{1}{2} (\omega' - \omega)\ \text{sen.}\ \frac{1}{2} (\omega' + \omega) = \text{sen.}\ 9'' \text{sen.}\ \omega \cos. \Omega$ e $\text{sen.}\ \frac{1}{2} (\omega' - \omega) = \frac{\frac{1}{2}\ \text{sen.}\ 9'' \text{sen.}\ \omega \cos. \Omega}{\frac{1}{2}\ \text{sen.}\ (\omega' + \omega)} = \frac{1}{2}\ \text{sen.}\ 9'' \cos. \Omega$ quindi $\omega' - \omega = \text{sen.}\ 9'' \cos. \Omega$, espressione della variazione dell' obbliquità.

§. 27 2° *Variazione in longitudine*. Nel triangolo $\Upsilon\Upsilon' I$ (*Cag. Tav. VII. n.* 33) $\tan. \Upsilon\Upsilon' = \frac{\text{sen.}\ \Omega}{\text{sen.}\ \omega \cot. 9'' + \cos. \omega \cos. \Omega}$ e dividendo numeratore e denominatore per $\cot. 9''$

tan. $\Upsilon\Upsilon' = \frac{\text{tan. } 9'' \text{ sen. } \Omega}{\text{sen. } \omega + \text{cos. } \omega \text{ cos. } \Omega \text{ tan. } 9''}$; ma il secondo termina del denominatore non è che una quantità presso che insensibile rispetto al primo, quindi $\Upsilon\Upsilon' = -\frac{9'' \text{ sen. } \Omega}{\text{sen. } \omega}$, variazione in longitudine.

§. 29. 3° *Variazione in Ascensione retta*. Nel triangolo $\Upsilon\Upsilon' p$ si ha $1 : \text{cos. } \omega :: \Upsilon\Upsilon' : \Upsilon p :: \frac{9'' \text{ sen. } \Omega}{\text{sen. } \omega} : \Upsilon p = \frac{9'' \text{ sen. } \Omega \text{ cos. } \omega}{\text{sen. } \omega} = -$ sen. $\Omega$ cot. $\omega$; espressione della variazione in Ascensione retta, comune a tutte le stelle.

§. 29 Le due correzioni de' punti equinoziali sono sottrattive nel primo e secondo quadrante della longitudine del nodo, siccome lo dimostra la figura, ma esse divengono addittive nel terzo e quarto. La correzione in longitudine si applica in generale a tutte le longitudini, nè altra correzione rimane a farvisi, la nutazione non dissestando punto l' ecclittica dal suo luogo. Similmente la correzione in AR si applica a tutte le AR.te; ma questa non basta, conviene farvene un' altra che dipende dal luogo della stella. Sia S la stella e s' intendano condotti dal polo medio P e dall' apparente O i due cerchj di declinazione P S $h$, O S H: l' ascensione retta della stella riferita al polo P sarà $\Upsilon h$, e riferita al polo O sarà $\Upsilon'$ H: oltre la prima correzione è dunque mestieri di una seconda.

### PROBLEMA V.

*Trovare l' espressione della seconda parte della variazione in Ascensione retta.*

§. 30 Sia S $h$ = D, S H' = D'. Nel triangolo S P O l' angolo in P è misurato dall' arco $a\,h = a\,I - h\,I = 90° - h\,I$, P O = 9'', e sen. S P = cos. D. Quindi ( *Cagnoli*

*Tav. VII. n.* 13) tan. S $= \frac{\text{sen.}(90^\circ - hI)}{\text{cos. D cot. } 9'' - \text{sen. D cos.}(90^\circ - hI)}$,
che, dividendo numeratore e denominatore per cos. D cot. 9",
sarà $= \frac{\frac{\text{tan. } 9''}{\text{cos. D}} \text{ sen.}(90^\circ - hI)}{1 - \text{tan. } 9'' \text{ tan. D cos.}(90^\circ - hI)}$. E poichè, senza timore di errore sensibile, il secondo termine del denominatore si può trascurare riguardo al primo, sarà tan. S $= \frac{\text{tan. } 9'' \text{ sen.}(90^\circ - hI)}{\text{cos. D}} = \frac{\text{tan. } 9'' \text{ cos. } hI}{\text{cos. D}}$ : ma $hI = \Upsilon h - \Upsilon I =$ AR della stella S — lon. ☊ = A — ☊; quindi tan. S $= \frac{\text{tan. } 9'' \text{. cos.}(A - ☊)}{\text{cos. D}}$. Ora nei due triangoli $nSh$, NSH, senza errore sensibile $nh =$ NH, perciò (*Cagnoli Tav. VI. n.* 11) tan. NH = tan. $nh$ = sen. D . tan. S, e tan. S $= \frac{\text{tan. } nh}{\text{sen. D}}$, e comparando i due valori di tan. S per dedurne l' espressione di tan. $nh$, si avrà tan. $nh$ $= \frac{\text{sen. D}}{\text{cos. D}}$ . tan. 9" cos. (A — ☊) = tan. D . tan. 9". cos. (A—☊), espressione della seconda parte della correzione in AR.

Quindi correzione totale =
— 9" ( sen. ☊ cot. $\omega$ + tan. D cos. (A — ☊))

### PROBLEMA VI.

*Trovare l' espressione della variazione in Declinazione.*

§. 31. Ritenute le denominazioni precedenti del triangolo S P O, (*lib. II.* §. 5) si ha sen. D' =
sen. 9" cos. D . sen. (A — ☊) + cos. 9" sen. D, onde sen. D' — cos. 9" sen. D = sen. 9 . cos. D . sen. (A — ☊);
ma cos. 9" sen. D = sen. D, quindi sen. D' — cos. 9" sen. D =

sen. D' — sen. D = 2 sen. $\frac{1}{2}$ ( D' — D ) cos. $\frac{1}{2}$ ( D' + D ) e senza errore sensibile = 2 sen. $\frac{1}{2}$ ( D' — D ) cos. D = sen. 9'' cos. D , sen. ( A — ☊ ) . Finalmente passando dai seni agli archi, attesa la loro piccolezza, si avrà D' — D = 9'' sen. (A — ☊), correzione additiva per le stelle boreali, nei primi due quadranti della longitudine del nodo, negativa nel terzo e quarto; il contrario per le stelle australi.

§. 32 Ma il polo apparente, come sopra abbiamo detto, non descrive realmente un cerchio intorno al polo medio, ma un elisse i di cui due assi, secondo ha dimostrato D' Alambert, sono nel rapporto del cosseno dell' obbliquità al doppio cosseno dell' obbliquità medesima. Rimane quindi a vedersi quali siano le variazioni, che subiranno le precedenti formole dal cerchio trasportate nell' elisse. Sia pertanto (*fig.* 44) A O L il piccolo cerchio A B C D della *fig.* 43, e A D L l' ellisse che meglio corrisponde alle osservazioni e insieme risulta dalla teoria. Sia ancora, come nella *fig.* 43, il polo apparente in O, il medio in P, e $m$, $n$ i due assi dell' ellisse. Se da O si abbassi la perpendicolare O $b$ che incontra l' elisse in $a$, e si tirino i raggi P O, P $a$; O P A sarà la longitudine del nodo nel cerchio = ☊, e $a$ P $b$ = ☊' la sua longitudine nell' elisse. A convertire pertanto le espressioni nel cerchio nelle corrispondenti sull' elisse, è necessario trovare P O, $b$P e O P A in $b\,a$, e P$a$; e $b$ P $a$ in $b$ P O. Ora 1° nel triangolo P $a$ O, si ha sen. P $a$ O ( = cos. $b$ P $a$ = cos. ☊') : sen. $a$ O P ( = cos. ☊) : : P O ( = $m$) : P $a$ = $\frac{m\,.\,\cos.\,☊}{\cos.\,☊'}$. 2° Nel triangolo $b$ P O, R : sen. $b$ P O ( = sen. ☊) : : $m$ : $b$ O = $m$ sen. ☊. E per le proprietà dall' elisse $m : n : : b$O ( = $m$ sen. ☊) : $a\,b$ = $n$ sen. ☊. 3° Nei due triangoli $b$ P O, $b$ P $a$. . tan. $b$ P O ( = tan. ☊) : tan. $b$ P $a$ ( = tan. ☊') : : O $b$ ( = $m$ . sen. ☊) : $a\,b$ = ($n$ . sen. ☊), o sia tan. ☊ : tan. ☊ : : $m$ . sen. ☊ : $n$ . sen. ☊, quindi

tan. ☊' = $\frac{n\,.\,\text{sen.}\,☊\;\tan.\,☊}{m\,.\,\text{sen.}\,☊} = \frac{n\,\tan.\,☊}{m}$.

*Convertire le precedenti formole circolari in ellittiche.*

§. 33. 1° *Correzione dell' obbliquità.* Nel cerchio $-\,PO\cos.\,\Omega$, nell' elisse $-\,Pa\cos.\,\Omega = \frac{m.\cos.\Omega\cos.\Omega'}{\cos.\Omega'}$ $= m.\cos.\,\Omega$ : dunque l' espressione dell' obbliquità non soffre alcun cambiamento.

§. 34. 2° *Variazione in longitudine.* Nel cerchio $-\frac{PO\,\text{sen.}\,\Omega}{\text{sen.}\,\omega}$, e nell' elisse $-\frac{Pa\,\text{sen.}\,\Omega'}{\text{sen.}\,\omega} = -\frac{m.\cos.\Omega.\,\text{sen.}\,\Omega'}{\text{sen.}\,\omega\cos.\Omega'} =$ $-\frac{m\cos.\Omega\,\tan.\Omega'}{\text{sen.}\,\omega}$; ma $\tan.\Omega' = \frac{n}{m}\tan.\Omega$ : dunque $-\frac{Pa\,\text{sen.}\,\Omega'}{\text{sen.}\,\omega} =$ $-\frac{n\cos.\Omega\,\tan.\Omega}{\text{sen.}\,\omega} = -\frac{n\,\text{sen.}\,\Omega}{\text{sen.}\,\omega} = -\,n.\,\text{sen.}\,\Omega\,\text{cosec.}\,\omega$.

§. 35. 3° *Correzione della 1ª parte in AR.* Nel cerchio $-\,PO.\cot.\omega.\text{sen.}\,\Omega$, e nell'elisse $-\,Pa.\cot.\omega\,\text{sen.}\,\Omega' =$ $-\frac{m\cot.\omega\,\text{sen.}\,\Omega'\cos.\Omega}{\cos.\Omega'} = -\,m\cot.\omega\cos.\Omega\tan.\Omega' =$ $-\,n.\cot.\omega\cos.\Omega\tan.\Omega = -\,n.\cot.\omega\,\text{sen.}\,\Omega$.

4° *Correzione della seconda parte in AR.ta*.
Nel cerchio $-\,PO\tan.\,D\cos.\,(A-\Omega)$,
e nell' elisse $-\,Pa\tan.\,D\cos.\,(A-\Omega') =$
$$\frac{-\,m.\tan.D\cos.\Omega.(\cos.A\cos.\Omega' + \text{sen.}\,A\,\text{sen.}\,\Omega')}{\cos.\Omega'} =$$
$-\,m.\tan.D.(\cos.A\cos.\Omega + \cos.\Omega\,\text{sen.}\,A\tan.\Omega')$,
e sostituendo $\frac{n}{m}\tan.\Omega$ in luogo di $\tan.\Omega'$, sarà $=$ $-\,m\tan.D\cos.A\cos.\Omega - n\tan.D\,\text{sen.}\,A\,\text{sen.}\,\Omega$
$$= \begin{cases} -\frac{m}{2}\tan.D\,[\cos.(A+\Omega) + \cos.(A-\Omega)] \\ -\frac{n}{2}\tan.D\,[\cos.(A-\Omega) - \cos.(A+\Omega)] \end{cases}$$

( *Cagnoli Tav. II. n.* 16 e 17 )

$$= \begin{cases} -\frac{1}{2}(m+n)\ \text{tan. D cos.}\ (A - ☊) \\ -\frac{1}{2}(m-n)\ \text{cos.}\ (A + ☊)\ \text{tan. D}, \end{cases}$$

e sostituendo a cos. $(A - ☊)$ il suo valore $-$ sen. $(A - ☊ - 3^s)$ e a cos. $(A + ☊)$ sostituendo $-$ sen. $(A + ☊ - 3^s)$ sarà l' espressione precedente $= \frac{1}{2}[(m+n)\,\text{sen.}(A - ☊ - 3^s) + (m-n)\,\text{sen.}(A + ☊ - 3^s)]\ \text{tan. D}$.

§. 56. 5° *Correzione della declinazione*. Nel cerchio essa è P O sen.$(A - ☊)$, e nell'elisse P *a* sen. $(A - ☊')$

$$= \frac{m\,.\,\text{cos}\,☊}{\text{cos.}\,☊'}\ (\text{sen. A cos.}\ ☊' - \text{sen.}\ ☊'\ \text{cos. A})$$

$$= m\ \text{cos.}\ ☊\ \text{sen. A} - \text{cos.}\ ☊\ \text{cos. A tan.}\ ☊'$$

$$= m\ \text{cos.}\ ☊\ \text{sen. A} - n\ \text{cos.}\ ☊\ \text{tan.}\ ☊\ \text{cos. A}$$

$$= m\ .\ \text{cos.}\ ☊\ \text{sen. A} - n\ \text{cos. A sen.}\ ☊\ ,\ \text{e}$$

( *Cagnoli Tav. II. n.* 15 e 16 )

$$= \begin{cases} +\frac{1}{2}m\,[\text{sen.}\ (A + ☊) + \text{sen.}\ (A - ☊)] \\ -\frac{1}{2}n\,[\text{sen.}\ (A + ☊) - \text{sen.}\ (A - ☊)] \end{cases}$$

$$= \frac{m-n}{2}\ \text{sen.}\ (A + ☊) + \frac{m+n}{2}\ \text{sen.}\ (A - ☊).$$

§. 57 Sono per tanto tutte le variazioni della Nutazione calcolate nell' elisse come siegue :

I. Obbliquità $= \ldots m$ cos. ☊ $- n$ sen. ☊

II. Longitudine $= \ldots \dfrac{\quad\quad}{\text{sen.}\ \omega}$

III. 1ª Parte in AR $= - n$ cot. $\omega$ sen. ☊

IV. 2ª Parte in AR $=$

$\frac{1}{2}[(m+n)\,\text{sen.}(A - ☊ - 3^s) + (m-n)\,\text{sen.}\,(A + ☊ - 3^s)]\ \text{tan. D}$

V. Declin. $= \frac{m+n}{2}$ sen. $(A - ☊) + \frac{m+n}{2}$ sen. $(A + ☊)$.

§. 58 Rimane ora a stabilirsi il valore di *m*. Bradley lo faceva di 9″,0, Mayer di 9″,65, Maskelyne di 9″,55; che La Place ha ridotto a 9″,58. Dalle obbliquità osservate da Bradley, da Maskelyne e da me non si ha che 9″,40; ma molto minore si è ultimamente an-

nunziato dal Barone di Lindenau; in un suo lungo travaglio sulla polare, egli sostiene che non sia che di 8″,9382. In questa incertezza io mi tengo a quello che ho trovato io stesso di 9″,4. Essendo quindi l'asse maggiore al minore nel rapporto di cos. $\omega$ a cos. $2\omega$, sarà il valore di $n = 7''{,}0003$. Introdotti pertanto questi valori di $m$ e $n$ nelle precedenti formole si avrà

I. Obbl. . . . . . $=$ . 9″,40 . cos. ☊
II. Long. . . . . $= -$ 17″,581 . sen. ☊
III. 1ª Par. cor. A $= -$ 16″,127 . sen. ☊
IV. 2ª Par. cor. A $=$
[ 8″,2 . sen.(A $-$ ☊ $-$ 3ˢ) $+$ 1″,2 . sen. (A $+$ ☊ $-$ 3ˢ)] tan. D
V. Declin. $=$ 8″,2 . sen. (A $-$ ☊) $+$ 1″,2 . sen. (A $+$ ☊)

§. 39 Il calcolo delle prime due formole è facile e spedito, e non meno facile può rendersi quello delle altre tre col soccorso di tre tavolette, la di cui formazione non presenta alcuna difficoltà. Si moltiplichino li seni da 0° a 90° prima per $-$ 16″,127, poi per 8″,2, e in terzo luogo per 1″,2. Il primo prodotto si ordini in tre colonne di 30° per ciascuna: poichè da 90° a 180° ritornano gli stessi seni con ordine inverso, e da 180° a 360° ritornano coll'ordine stesso de' primi 180°; queste tre tavole serviranno per tutt' i quattro quadranti del cerchio; cioè pei primi tre segni scendendo, pei secondi tre salendo, indi novamente scendendo, e poi ritornando a salire per gli altri sei segni. Siccome poi la costante per cui si sono moltiplicati i seni è negativa, i termini de' primi sei segni saranno preceduti dal $-$, e dal $+$ gli altri termini de' secondi sei segni. Per tale maniera si avrà la prima tavola; nello stesso modo co' secondi prodotti per $+$ 8″,2 si otterrà la seconda, e cogli prodotti per $+$ 1″,2 la terza.

Lambert che rinvenne le formole, ne ha ancora distese le tavole, che furono per la prima volta inserite nell' *effemeridi di Berlino del* 1776. Esse sono calcola-

te supposto il semiasse maggiore $= 9''$, nientedimeno noi daremo queste medesime tavole in fine del presente articolo, poichè di altro non sarà mestieri per ridurle a $9'',4$, che di moltiplicarle per 1,044, o di aggiugnere a ciascun termine il prodotto del termine stesso per $\frac{44}{1000}$. A queste tre tavole ne aggiugneremo una quarta de' seni, e tangenti, onde terminare il calcolo senza bisogno di altre tavole.

Le formole indicano abbastanza il modo di servirsi delle tavole. 1° Si entri nella prima tavola colla longitudine del nodo lunare, o sia coll' argomento ☊, e si noti la quantità, che vi corrisponde. 2° Coll' argomento A — ☊ — $3^s$ si entri nella seconda, e con A + ☊ — $3^s$ nella terza: si prenda la somma o differenza, secondo i segni, dei due termini corrispondenti, e si moltiplichi per la tangente della declinazione della stella, il prodotto si aggiunga o sottragga dal termine trovato colla prima tavola, a norma de' rispettivi segni, e si avrà il totale della correzione in AR. Per la correzione in declinazione si entri nella seconda tavola con l' argomento A — ☊, nella terza coll' argomento A + ☊, la somma o la differenza de' termini corrispondenti ai detti due argomenti, sarà la correzione in declinazione. Se la stella sia nell' emisfero boreale, la correzione conserverà il segno delle tavole; se sia nell' emisfero australe si prenderà col segno contrario. Tutto ciò si renderà più chiaro coll' esempio, da cui saranno accompagnate le tavole.

Altre formole ed altre tavole si sono date dai Signori De Lambre, Zach, Gauss e altri, le quali si possono vedere parte nell' ultimo tomo delle effemeridi di La Lande, parte nella *conoscenza dei tempi* di Parigi, parte nelle *tavole speciali* di Zach, e in altre opere ove trovansi sparse. Tutto ciò si è fatto all' oggetto di facilitare sì fatti calcoli; ma fuori delle tavole particolari per

ciascuna stella, nelle quali, data la longitudine del nodo, si hanno immediatamente le due correzioni, è fuori delle formole generali, nelle quali non si deve formare alcun argomento, o cercare angoli sussidiarii; le altre tutte non mi sembra che si possano preferire a quelle del Lambert.

§. 40 Oltre delle correzioni che provengono dalla Nutazione lunare, oggi giorno quelle ancora soglionsi applicare alle osservazioni, che dovute sono alla Nutazione solare. Esse per verità sono piccolissime, e minori degli errori probabili, cui soggiaciono le osservazioni medesime; ma non perciò si debbono trascurare, come per lungo tempo si è fatto.

Se il Sole nel suo annuo giro si conservasse sempre alla stessa distanza dal piano dell' equatore, la sua azione sul medesimo sarebbe sempre uguale, ne vi potrebbe cagionare alcun dissesto. Ma il Sole ora se ne avvicina, ed ora se ne allontana. Dunque ora deve attrarlo più ed ora meno. La differenza di queste azioni produrrà dunque una specie di oscillazione, che detta abbiamo *Nutazione Solare*. Ora poichè la differenza di questa forza deve essere minima negli equinozii, e massima ne' solstizii, essa compirà il suo periodo nel passaggio del Sole da un equinozio all' altro, o sia in sei mesi. A rappresentare pertanto queste ineguaglianze noi supposto abbiamo, che il polo apparente dell' equatore in sei mesi descrivesse un piccolissimo circoletto intorno al polo medio. Le ineguaglianze cagionate dalla ineguale azione del Sole, saranno dunque proporzionali al movimento del polo apparente nel suo circoletto, o sia al doppio cammino del Sole, contato dall' equinozio di Primavera. Partendo da questo principio investigate si sono dall' Eulero le variazioni, che quindi debbono soffrirne l' obbliquità e i punti equinoziali. Egli ha trovata la prima $= 0'',6 . \cos. 2 ☉$, e la seconda $= - 1'',12 . \text{sen.} \ 2 ☉$;

dalle quali si hanno le seguenti correzioni per l' AR, e per la declinazione delle stelle.

Var. AR = − 1",03 sen. 2 ☉ + tan. D (0",6 cos. 2 ☉ cos. A − 0",45 sen. 2 ☉ sen. A)

Var. in Decl. = + 0",6 cos. 2 . ☉ sin. A − 0",45 sen. 2 . ☉ cos. A.

Queste formole sono le stesse che date abbiamo per le Nutazione lunare, solo che dai prodotti de' seni e cosseni si passi alla semisomma e semidifferenza, e si sostituisca al nodo la doppia longitudine del Sole, o sia si faccia ☊ = 2 . ☉. Potremo quindi giovarci delle stesse tavole per l' una e per l' altra Nutazione. Perciò di altro non sarà mestieri, che di moltiplicare ciascun termine della Nutazione lunare per 0",06221, e per tal maniera si avranno le correzioni corrispondenti alla Nutazione solare. Si vedano le *tavole speciali* del Barone Zach tom. I. pag. 119.

Si avverta però, che ove si volesse portare tutta la possibile precisione nel calcolo, la moltiplicazione meglio sarebbe che si facesse per 0",046224; giacchè la costante 0,6 data dall' Eulero si è riconosciuta troppo forte. Essa secondo i calcoli più sicuri non risulta che di 0",4345, perciò 9",4 : 1 : : 0",4345 : 0",04622, per cui dovranno moltiplicarsi le quantità trovate nel modo sopra indicato col mezzo delle tavole della nutazione lunare, per ottenere la nutazione solare.

# TAVOLE GENERALI DI LAMBERT

## *Per la Nutazione nell' Ellissi.*

| | TAVOLA I. Argomento ☊ | | | TAVOLA II. Argomento A − ☊ | | | TAVOLA III. Argomento A + ☊ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | O. VI | I. VII | II. VIII | O. VI | I. VII | II. VIII | O. VI | I. VII | II. VIII | |
| | − + | − + | − + | + − | + − | + − | + − | + − | + − | |
| *Gra.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Sec.* | *Gra.* |
| 0 | 0,00 | 7,71 | 13,36 | 0,00 | 3,93 | 6,80 | 0,00 | 0,58 | 1,00 | 30 |
| 1 | 0,27 | 7,95 | 13,50 | 0,14 | 4,04 | 6,86 | 0,02 | 0,59 | 1,01 | 29 |
| 2 | 0,54 | 8,18 | 13,62 | 0,27 | 4,16 | 6,93 | 0,04 | 0,61 | 1,02 | 28 |
| 3 | 0,81 | 8,40 | 13,75 | 0,41 | 4,28 | 6,99 | 0,06 | 0,63 | 1,02 | 27 |
| 4 | 1,08 | 8,63 | 13,87 | 0,55 | 4,39 | 7,06 | 0,08 | 0,64 | 1,03 | 26 |
| 5 | 1,33 | 8,85 | 13,98 | 0,68 | 4,50 | 7,11 | 0,10 | 0,66 | 1,04 | 25 |
| 6 | 1,61 | 9,07 | 14,10 | 0,82 | 4,61 | 7,17 | 0,12 | 0,68 | 1,05 | 24 |
| 7 | 1,88 | 9,29 | 14,20 | 0,95 | 4,72 | 7,23 | 0,14 | 0,69 | 1,06 | 23 |
| 8 | 2,15 | 9,50 | 14,31 | 1,09 | 4,83 | 7,28 | 0,16 | 0,71 | 1,07 | 22 |
| 9 | 2,41 | 9,71 | 14,41 | 1,23 | 4,94 | 7,33 | 0,18 | 0,72 | 1,07 | 21 |
| 10 | 2,68 | 9,92 | 14,50 | 1,36 | 5,05 | 7,38 | 0,20 | 0,74 | 1,08 | 20 |
| 11 | 2,94 | 10,12 | 14,59 | 1,50 | 5,15 | 7,42 | 0,22 | 0,75 | 1,09 | 19 |
| 12 | 3,21 | 10,32 | 14,67 | 1,63 | 5,25 | 7,47 | 0,24 | 0,77 | 1,09 | 18 |
| 13 | 3,47 | 10,52 | 14,76 | 1,77 | 5,35 | 7,51 | 0,26 | 0,78 | 1,10 | 17 |
| 14 | 3,73 | 10,72 | 14,83 | 1,90 | 5,45 | 7,55 | 0,28 | 0,80 | 1,11 | 16 |
| 15 | 3,99 | 10,91 | 14,90 | 2,03 | 5,55 | 7,58 | 0,30 | 0,81 | 1,11 | 15 |
| 16 | 4,25 | 11,10 | 14,97 | 2,16 | 5,65 | 7,62 | 0,32 | 0,83 | 1,12 | 14 |
| 17 | 4,51 | 11,28 | 15,03 | 2,30 | 5,74 | 7,65 | 0,34 | 0,84 | 1,12 | 13 |
| 18 | 4,77 | 11,47 | 15,09 | 2,43 | 5,83 | 7,68 | 0,35 | 0,85 | 1,13 | 12 |
| 19 | 5,02 | 11,65 | 15,15 | 2,56 | 5,92 | 7,71 | 0,37 | 0,87 | 1,13 | 11 |
| 20 | 5,28 | 11,82 | 15,20 | 2,68 | 6,01 | 7,73 | 0,39 | 0,88 | 1,13 | 10 |
| 21 | 5,53 | 11,99 | 15,24 | 2,81 | 6,10 | 7,73 | 0,41 | 0,89 | 1,14 | 9 |
| 22 | 5,78 | 12,16 | 15,28 | 2,94 | 6,19 | 7,76 | 0,43 | 0,91 | 1,14 | 8 |
| 23 | 6,03 | 12,32 | 15,32 | 3,07 | 6,27 | 7,77 | 0,45 | 0,92 | 1,14 | 7 |
| 24 | 6,28 | 12,48 | 15,35 | 3,19 | 6,35 | 7,79 | 0,47 | 0,93 | 1,14 | 6 |
| 25 | 6,52 | 12,64 | 15,37 | 3,32 | 6,43 | 7,80 | 0,49 | 0,94 | 1,15 | 5 |
| 26 | 6,76 | 12,79 | 15,39 | 3,44 | 6,51 | 7,82 | 0,50 | 0,95 | 1,15 | 4 |
| 27 | 7,01 | 12,94 | 15,41 | 3,56 | 6,58 | 7,83 | 0,52 | 0,96 | 1,15 | 3 |
| 28 | 7,25 | 13,09 | 15,42 | 3,69 | 6,66 | 7,84 | 0,54 | 0,97 | 1,15 | 2 |
| 29 | 7,48 | 13,23 | 15,43 | 3,81 | 6,73 | 7,85 | 0,56 | 0,99 | 1,15 | 1 |
| 30 | 7,71 | 13,36 | 15,43 | 3,93 | 6,80 | 7,85 | 0,58 | 1,00 | 1,15 | 0 |
| | − + | − + | − + | + − | + − | + − | + − | + − | + − | |
| *Gra.* | V. XI | IV. X | III. IX | V. XI | IV. X | III. IX | V. XI | IV. X | III. IX | *Gra.* |

# TAVOLA AUSILIARIA.

| Gr. | Tang. | Gr. | Tang. | Gr. | Tang. | Gr. | Tang. | Gr. | Tang. | Gr. | Tang. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,000 | 15 | 0,268 | 30 | 0,577 | 45 | 1,000 | 60 | 1,732 | 75 | 3,732 |
| 1 | 0,017 | 16 | 0,287 | 31 | 0,601 | 46 | 1,036 | 61 | 1,804 | 76 | 4,011 |
| 2 | 0,035 | 17 | 0,306 | 32 | 0,625 | 47 | 1,072 | 62 | 1,881 | 77 | 4,331 |
| 3 | 0,052 | 18 | 0,325 | 33 | 0,649 | 48 | 1,111 | 63 | 1,963 | 78 | 4,705 |
| 4 | 0,070 | 19 | 0,344 | 34 | 0,673 | 49 | 1,150 | 64 | 2,050 | 79 | 5,145 |
| 5 | 0,087 | 20 | 0,364 | 35 | 0,700 | 50 | 1,192 | 65 | 2,143 | 80 | 5,671 |
| 6 | 0,105 | 21 | 0,384 | 36 | 0,727 | 51 | 1,235 | 66 | 2,246 | 81 | 6,314 |
| 7 | 0,123 | 22 | 0,404 | 37 | 0,754 | 52 | 1,280 | 67 | 2,356 | 82 | 7,115 |
| 8 | 0,141 | 23 | 0,424 | 38 | 0,781 | 53 | 1,327 | 68 | 2,475 | 83 | 8,144 |
| 9 | 0,158 | 24 | 0,445 | 39 | 0,810 | 54 | 1,376 | 69 | 2,605 | 84 | 9,514 |
| 10 | 0,176 | 25 | 0,466 | 40 | 0,839 | 55 | 1,428 | 70 | 2,747 | 85 | 11,430 |
| 11 | 0,194 | 26 | 0,488 | 41 | 0,869 | 56 | 1,483 | 71 | 2,904 | 86 | 14,301 |
| 12 | 0,213 | 27 | 0,510 | 42 | 0,900 | 57 | 1,540 | 72 | 3,078 | 87 | 19,081 |
| 13 | 0,231 | 28 | 0,532 | 43 | 0,933 | 58 | 1,600 | 73 | 3,271 | 88 | 28,636 |
| 14 | 0,249 | 29 | 0,554 | 44 | 0,966 | 59 | 1,664 | 74 | 3,487 | 89 | 57,290 |
| 15 | 0,268 | 30 | 0,577 | 45 | 1,000 | 60 | 1,732 | 75 | 3,732 | 90 | infin. |

### ESEMPIO.

Si domanda la Nutazione in AR e in Declinazione di $\alpha$ di Capricorno pel 1.° Gennaro 1816.

AR. dalla stella... 10.$^s$ 1.° 44'... Declin. 13.° 9' A... lon. ☊.. 2.$^s$ 23.° 49'

*Argomenti per l' AR.*

I. ☊ = 2.$^s$ 23.° 49'.. II. A − ☊ − 3.$^s$ = 4.$^s$ 7.° 55'.. III.... A + ☊ − 3.$^s$ = 9.$^s$ 35. 33

Ar. I. Tav. 1.$^a$ . . . . − 15",35 . . . . . . − 15",35
Ar. II. Tav. 2.$^a$ . . . . . . . . . . . . + 6",19
Ar. III. Tav. 3.$^a$ . . . . . . . . . . . . − 1 ,08

Differenza . . . . + 5 ,16

Tan. 13.° 9' A . . . . . − 0,2337
da moltiplicarsi per . . . + 5,16 } prodotto . − 1,21

Nutazione in AR. . . . . . . − 16,56.

*Argomenti per la correzione in Declinazione.*

I. . . A — ☊ = 7.ˢ 7° 55″ . . . II. . . A + ☊ = 0.ˢ 25° 35′.

Ar. I. Tav. 2.ª . . . . . . . — 4″,82
Ar. II. Tav. 3.ª . . . . . . . + 0 ,50

— 4 ,32

E poichè la declinazione è australe la correzione sarà addittiva, cioè + 4″,32.

In queste tavole si suppone il semiasse maggiore = 9″,0; se si volessero ridurre al semiasse di 9″,4, quale da noi si è adottato, converrebbe aggiugnere alla correzione in AR. 0″,74, e alla correzione in declinazione 0″,18, onde si avrebbe, correzione in AR. . — 17″,3, e correzione in declinazione + 4″,5.

Secondo le tavole dal Barone Zach, nelle quali il semiasse maggiore si fa = 9″,648, l' aumento sarebbe in ragione di 0,072.

Sostituendo a long. ☊ la doppia long. ☉ = 6ˢ 20°, e moltiplicando le quantità che se ne otterranno per 0,046, si avrà la nutazione solare (§. 40) in AR + 0″,21 e in decl. — 0″,38.

## ARTICOLO IV.

### *Aberrazione.*

§. 42. Già veduto abbiamo nel Libro secondo §. 62 cosa sia l' aberrazione della luce, come essa dipenda dalle velocità rispettive della terra e della luce medesima, come faccia sempre piegare il raggio dalla parte verso cui si muove la terra, e come debbano quindi variare le longitudini, le latitudini, le AR.ᵗᵉ e le declinazioni. Altro

dunque non rimane a spiegare che il giuoco di questo fenomeno sulle stelle, e dimostrare per qual maniera se ne possano spogliare le osservazioni.

PROBLEMA I.

*Rinvenire l' espressione dell' effetto dell' aberrazione sulle stelle, qualunque sia il cerchio a cui si riferiscano.*

§. 42 Sia E C (*fig.* 45) l' eclittica, I S un cerchio massimo condotto per la stella S e che taglia l' eclittica in I, sia ancora T la terra, T X un arco perpendicolare a S I, T *t* il camino della terra durante il tempo in cui la luce dal Sole viene a noi, *t x* un arco paralello a T X, e T *v* paralella al piano dell' arco I S. Giunta la terra in *t*, si sarà essa allontanata dal piano dell' arco S I della quantità *t v*; ma l' aberrazione spinge l' astro innanzi, nel piano e direzione in cui va la terra: dunque la stella S si sarà similmente allontanata dal piano S I per quanto se ne è allontanata la terra, cioè della quantità S S' = *t v*; siccome facilmente s' intende, menando le paralelle *v* S, *t* S'; e compiendo il paralellogrammo di aberrazione *v* S *t* S'. Poichè qui non considerandosi che il movimento rispetto al piano S I, *v* deve riguardarsi come il punto da cui è partita la terra, e *t* quello in cui è giunta nel tempo che impiega la luce a venire dal Sole a noi.

§. 43 Rimane pertanto a trovarsi l' espressione dell' effetto dell' aberrazione, o sia di SS' = *t v*. Ora nel triangolo T I X, R : sen. I : : sen. I T : sen. T X = sen. I sen. I T; ma il differenziale o elemento di T X = *d*. I T sen. I. cos. I T = *t v*, e differenziale di I T = T *t* = 20'',255, movimento medio della terra nel tempo che impiega la luce a venire dal Sole a noi, o sia in 493'',2: dunque *t v* = 20'',255. sen. I cos. I T, espressione generale dell' aber-

razione, qualunque sia il cerchio S I.

Poichè S S' è sempre perpendicolare a S I; 1° Se S I sia un cerchio di latitudine, S S' sarà paralella all' ecclittica, e l' aberrazione in longitudine; 2° se S I sia perpendicolare al cerchio di latitudine, S S' sarà sul cerchio stesso, e l' aberrazione in latitudine; 3° se S I sia cerchio di declinazione, S S' sarà paralella all' equatore, e l' aberrazione in AR; 4° se S I sia perpendicolare al cerchio di declinazione sarà S S' sul cerchio stesso di declinazione, e l' aberrazione in declinazione. Senza difficoltà dall' espressione generale S S' si potranno quindi ricavare le espressioni particolari dalle quattro diverse specie di aberrazione. Nel che fare, supporremo sempre la terra T nel primo quadrante dopo l' intersezione I del cerchio S I coll' ecclittica. Sia poi $20'',255 = m$, l' obbliquità dell' ecclittica $= \omega = 23° 27' 56''$, como si è da noi stabilita pel principio del secolo; $* =$ longitudine della stella, $\odot =$ longitudine dal sole, e perciò $\odot + 180° =$ longitudine della terra; $D =$ alla declinazione, $L =$ alla latitudine della stella.

*Aberrazione in longitudine.*

§. 44 Rappresenti S I un cerchio di latitudine. Egli è chiaro che sarà 1° l' angolo I retto e il suo seno $= R = 1$, 2° I T la differenza tra la longitudine dalla terra e quella della stella, perciò $IT = 180° + \odot - *$. 3° $SI =$ alla latitudine della stella, 4° S S' paralella all' ecclittica. Perciò la *fig.* 45 si convertirà nella *fig.* 46, ove E polo dell' ecclittica, E S I, E S $i$ cerchii di latitudine; $SI = L$, $SS' = m . \cos. IT \,\text{sen}. I = m \cos. (180° + \odot - *) = - m \cos. (\odot - *)$ aberrazione in longitudine nella regione della stella. Ma nel triangolo S E S' si ha $\cos. L : SS' : : R : Ii$ quindi $Ii = - \frac{m \cos. (\odot - *)}{\cos. L} =$ $- m . \cos. (\odot - *) \sec. L$, *Aberrazione sull' ecclittica*.

§. 45 Sia (*fig.* 47) ♈ I T, come nella *fig.* 45, l' ecclittica, ♈ il punto da cui si contano le longitudini, S I il cerchio massimo che passando per la stella S incontra perpendicolarmente il cerchio di latitudine E L; sarà S L = L = alla latitudine della stella, I L = I S = 90°, ♈ L = longitudine ✱, T L = alla longitudine della stella meno la longitudine dalla terra = ✱ − 180° − ☉, I T = 90° + 180° + ☉ − ✱ = 270° + ☉ − ✱. Ma la terra T è nel primo quadrante, quindi I T = ☉ − ✱ − 90°, e l' aberrazione avvicinando l' astro all' ecclittica, S S' = − *m* sen. I cos. I T = − *m* cos. (☉ − ✱ − 90°) sen. L. E per essere − cos. (☉ − ✱ − 90°) = cos. [90° + (✱ − ☉)] = sen. (✱ − ☉), si avrà ancora *Aberrazione in latitudine* = *m* sen. (✱ − ☉) sen. L.

§. 46 Poichè aber. in { long. = − *m* cos. (☉ − ✱) sec. L
lati. = − *m*. cos. (☉ − ✱ − 90°) sen. L }
si potranno avere insieme i valori di *m* cos. (☉ − ✱) e *m* cos. (☉ − ✱ − 90°) e disporli in una sola tavola comune alle due aberrazioni. Perciò 1° al log. *m* si aggiungano successivamente i log. de' coseni da 0° a 90°: 2°. I numeri corrispondenti si scrivano in tre colonne di 30° per ciascuna, ponendo in testa della prima i segni 0 e VI, in piedi XI e V; in testa della seconda I e VII, in piedi X e IV; in testa della terza II e VIII, in piedi IX e III: 3°. Li 30° che formano un segno si scrivano a sinistra e a destra della tavola, a sinistra scendendo, e a destra salendo: 4°. Poichè i coseni nel primo e ultimo quadrante sono positivi, negativi nel secondo e terzo, e l' espressione generale dell' aberrazione, negativa; ai segni del primo e ultimo quadrante si apponga −, e + a quelli del secondo e terzo. Nelle tavole generali di aberrazione e nutazione del Cavalier De Lambre, la prima che s' incontra è formata nel modo anzidetto.

Sia ☉ − ✶ = $3^s$ 18°, ☉ − ✶ − 90° = $0^s$ 18°, e si cerchino le due aberrazioni corrispondenti. In essa a $3^s$ 18° corrisponde + 6",18, e − 19",02 a $0^s$ 18°: si moltiplichi + 6",18 per la secante della lat. della stella, e pel seno − 19",02, e si avranno le due aberrazioni. ☉ − ✶, ☉ − ✶ − 90° chiamansi *argomenti*, il primo dell' aberrazione in longitudine, il secondo dell' aberrazione in latitudine. Se si voglia evitare l' incomodo di cercare la secante, e il seno della latitudine, si formi un altra tavola delle dette funzioni circolari, da unirsi alla prima.

Dall' ispezione de' valori dell' aberrazione in longitudine e latitudine è facile a concepire, che le stelle in ogni anno descrivono un elisse, i di cui semiassi sono 20",255, 20",255 sen. L. Se L = 90°, la stella sarà nel Polo, e l' elisse si convertirà in un cerchio parallelo all' ecclittica; e se L = 0, l' elisse passerà in una retta, cioè le stelle situate nell' ecclittica non hanno aberrazione in latitudine.

*Aberrazione in Ascensione Retta.*

§. 47 Sia (*fig.* 48) E C l' ecclittica, E Q l' equatore, P $a$ un cerchio di declinazione che passa per la stella S, T la terra; sarà I E $a$ = obbliquità = $\omega$, E $a$ = AR ✶, S $a$ = declinazione ✶ = D; S S' l' aberrazione in AR nella regione della stella, e sull' equatore = $\frac{\text{S S'}}{\text{cos. S } a}$.
Ora S S' = $m$ sen. I cos. I T = $m$ sen. I cos. (E T − E I) = $m$ sen. I cos. E T. cos. E I + $m$ sen. I sen. E T sen. E I, Ma (*Cagnoli Tav. VI. n°* 1°) sen. I sen. E I = sen. E $a$ = sen. AR = sen. A, e sen. I cos. E I = sen. I sen. E I. cot. E I = sen. E $a$ cot. E I, e cot. E I = cos. $\omega$ cot. E $a$ (*Cagnoli Tav. VI. n.°* 10): Perciò sen. E $a$. cot. E I = sen. E $a$. cos. $\omega$ cot. E $a$ = sen. A cos. $\omega$ cot. A = cos. $\omega$ cos. A. E poichè sen. E T = sen. (180° + ☉) =

— sen. $\odot$ , e cos. E T = cos. ( 180° + $\odot$ ) = — cos. $\odot$ : fatte le opportune sostituzioni nell' equazione S S' = sen. I cos. E T cos. E I + sen. I . sen. E T sen. E I ; sarà — $m$ cos. $\odot$ cos. $\omega$ cos. A — $m$ sen. $\odot$ . sen. A , espressione che divisa pel coseno della declinazione, o moltiplicata per la sua secante, darà l' *Aberrazione sull' equatore* =

— 20",255 (cos. $\odot$ cos. $\omega$ cos. A + sen. $\odot$ sen. A) sec. D.. (A)

### *Aberrazione in declinazione.*

§. 48 Sia (*fig.* 49) P A il cerchio di declinazione che passa per la stella S , V E A Q l' equatore , I E T C l' ecclittica , I V S Q il cerchio S I , che incontra perpendicolarmente l' arco P A , e taglia l' ecclittica in I , e sia T il luogo della terra ; sarà V A = V S = 90° , S A = alla declinazione della stella , misura dell' angolo S V A , quindi — S S' = $m$ sen. I cos. I T = $m$ sen. I cos. (I E + E T) = $m$ sen. I . cos. I E . cos. E T — $m$ sen. I sen. I E sen. E T . E perchè sen. E T = sen. ( 180 + $\odot$ ) = — sen. $\odot$ , e cos. ( 180 + $\odot$ ) = — cos. $\odot$ ; sarà

sen. I . cos. I E cos. E T — sen. I sen. I E sen. E T = — sen. I cos. I E cos. $\odot$ + sen. I sen. I E sen. $\odot$ . . . . (N)

Conviene ora cercare i valori di sen. I sen. I E, e sen. I cos. I E espressi nell' obbliquità dell' ecclittica , nell' AR e declinazione della stella S .

Nel triangolo I V E si ha sen. V : sen. I E : : sen. I : sen. V E , o sia sen. D : sen. I E : : sen. I : cos. A , quindi sen. I sen. E I = sen. D cos. A

Nello stesso triangolo ( *Cagnoli Tav. VII. n.* 18 *introducendo la* cot. *in vece della* tan. ) sen. E cot. V = sen. E V cot. I E — cos. E V cos. E , cioè sen. $\omega$ cot. (180 — D) = cos. A cot. I E — sin. A cos. $\omega$ , e cos. A cot. I E = sen. A : cos. $\omega$ — sen. $\omega$ cot. D : Ma sen. I cos. I E = sen. I . sen. I E cot. I E = sen. D cos. A cot. I E . Dunque

sen. I . cos. I E = sen. A cos. $\omega$ . sen. D − sen. $\omega$ . cos. D. Sostituiti pertanto questi valori di sen. I sen. I E, e sen. I . cos. I E, nella formola (N), e moltiplicati tutt' i termini per $m$, si avrà finalmente l' espressione dell' *aberrazione in declinazione*, cioè:

$$-\,\mathrm{S\,S'} = m \left\{ \begin{array}{l} +\ \text{sen. D . cos. A sen.}\ \odot \\ -\ \text{sen. D . sen. A cos.}\ \odot\ \text{cos.}\ \omega \\ +\ \text{cos. D . sen.}\ \omega\ \text{. cos.}\ \odot \end{array} \right\} \ldots\ldots (\mathrm{M})$$

§. 49 Il calcolo dell' aberrazione in longitudine e in latitudine, come si è veduto §. 46, è facile e spedito; ma non così quello in declinazione e in AR, di cui, a differenza dell' altro, è frequentissimo l' uso e il bisogno. Nel primo non si ha mestieri che di cinque logaritmi, de' quali uno costante; nel secondo conviene formarne tre costanti, e cercarne undici altri. A facilitare questi calcoli si sono quindi immaginate e disposte e tavole particolari delle principali stelle, e generali per tutte, qualunque sia l' AR, la declinazione, e luogo del Sole. Per la formazione dalle prime tornerà sempre meglio giovarsi delle formole che date abbiamo, ma per le seconde si potrà di molto diminuire il travaglio, trasformando le medesime formole in altre, che dipendano dal minor numero possibile di funzioni circolari.

§. 50 Nella formola pertanto dell' aberrazione in AR se a cos. $\odot$ cos. A, sin. $\odot$ sin. A si sostituiscano i loro valori espressi nella semisomma e semidifferenza de' coseni degli archi medesimi (*Cagnoli Tav. II.*); fatte le opportune riduzioni, si avrà

$$-\,m \left\{ \begin{array}{l} \text{cos.}\ \omega\ \text{. cos.}\ \odot\ \text{cos. A} \\ \text{sen.}\ \odot\ \text{sen. A} \end{array} \right\} \text{sec. D} =$$

$$-\,m \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{\text{cos.}\ \omega - 1}{2}\right) \text{cos.}\,(\odot + \mathrm{A}) \\ \left(\frac{\text{cos.}\ \omega + 1}{2}\right) \text{cos.}\,(\odot - \mathrm{A}) \end{array} \right\} \text{sec. D} . =$$

$$m \left\{ \begin{array}{l} +\ \text{sen.}^2\, \tfrac{1}{2}\omega\ \text{. cos.}\,(\odot + \mathrm{A}) \\ -\ \text{cos.}^2\, \tfrac{1}{2}\omega\ \text{. cos.}\,(\odot - \mathrm{A}) \end{array} \right\} \text{sec. D},$$

per essere cos. $\omega = 1 - 2$ sen.$^2 \frac{1}{2} \omega = 2$ cos.$^2 \frac{1}{2} \omega - 1$, e finalmente introdotti i valori di $m$ e $\omega$ sopra stabiliti §. 42.

$$\textit{Aberrazione in AR.} = \left\{ \begin{array}{l} + 0'',838 \text{ cos. } ( A + ☉ ) \\ - 19,417 \text{ cos. } ( A - ☉ ) \end{array} \right\} \text{sec. D.}$$

§. 51 Similmente nella formola dell' aberrazione in declinazione

$$\left\{ \begin{array}{l} m \left\{ \begin{array}{l} + \text{sen. A cos. } ☉ \text{ . cos. } \omega \\ - \text{cos. A sen. } ☉ \end{array} \right\} \text{sen. D} \\ \quad - m \text{ sen. } \omega \text{ cos. } ☉ \text{ cos. D} \end{array} \right\}$$

introducendo nei primi due termini, moltiplicati per sen. D, i valori di sen. A cos. ☉, cos. A sen. ☉, espressi nella semisomma e semidifferenza de' seni degli archi A, ☉; nel terzo $\frac{\text{cos. } ( ☉ + D ) + \text{cos. } ( ☉ - D )}{2}$ in luogo di cos. ☉ . cos. D, introducendo ancora le quantità vere di $m$ e $\omega$, e facendo attenzione che sen. ( A − ☉ ) = − cos. ( A − ☉ + 90° ), e sen. ( A + ☉ ) = − cos. ( A + ☉ + 90° ) avremo

*Prima parte dell' aberrazione in declinazione* =

$$\text{sen. D} \left\{ \begin{array}{l} + 19,417 \text{ sen. } ( A - ☉ ) \\ - \ \ 0,838 \text{ sen. } ( A + ☉ ) \end{array} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} - 19,417 \text{ cos. } ( A - ☉ + 90° ) \\ + \ \ 0,838 \text{ cos. } ( A + ☉ + 90° ) \end{array} \right\} \text{sen. D}$$

*Seconda parte* =

$$- 4,033 \text{ cos. } ( ☉ - D ) - 4,033 \text{ cos. } ( ☉ + D )$$

Queste formole debbonsi al Cav. De Lambre, e sono le più semplici e spedite che io conosca. Quella in AR e l'altra della prima parte in declinazione non dipendo-

no che dai coseni della somma e della differenza dell' AR della stella e della longitudine del sole, e la seconda parte della declinazione da' coseni della somma e differenza della longitudine del sole, e declinazione della stella. Si potranno quindi calcolare tre tavole generali, che non occuperanno più di due pagine, e daranno a un tempo quanto è mestieri a trovare molto speditamente le due aberrazioni. Si formerà la prima tavola coll' argomento A — ☉, la seconda con A + ☉, la terza con ☉ — D e ☉ + D: a queste tre tavole se ne aggiugnerà una quarta delle secanti e seni del quadrante. Dalla prima e seconda tavola, cogli argomenti dai quali dipende, si avrà la quantità dell' aberrazione in AR da moltiplicarsi per la secante della declinazione, che si prenderà nella quarta tavola. La stessa prima tavola servirà per la prima parte dell' aberrazione in declinazione, entrando in essa 1° con l' argomento A + ☉ + 90°: poi coll' argomento A — ☉ + 90°; e moltiplicando la somma di queste quantità pel seno della declinazione della stella. La seconda parte si avrà dalla terza tavola, servendosi de' due argomenti, su i quali è formata, e cambiando i segni se la stella è australe. Queste tavole sono già state calcolate dal Cav. De Lambre e trovansi inserite in diverse opere di Astronomia: noi le riporteremo in fine di questo articolo con un esempio, come fatto abbiamo per la Nutazione.

§. 52 Se vogliansi tavole più spedite ancora, e per le quali non si abbiano a formare argomenti, come sono quelle pubblicate dal Cav. De Lambre nell' ultimo tomo delle effemeridi di La Lande, il travaglio non sarà sì grande come da principio potrebbe per avventura sembrare. Per l' AR si debbono combinare i luoghi del Sole di 10° in 10° fino a 180° con ciascun grado del quadrante; nè ciò richiede più di 1620 operazioni, per le quali si hanno a cercare 6480 logaritmi: lo stesso deve farsi per la prima parte dell' aberrazione in declinazione, a rinve-

nire la quale tornerà meglio valersi dei seni in vece dei coseni. Il calcolo della seconda è di alquanta minor fatica. Un poco di attenzione sull' indole de' seni e coseni basterà poi a farci vedere, che sebbene in questi calcoli non si combini che un quadrante per l' AR della stella con soli 6 segni di longitudine del Sole, si hanno nientedimeno tutte le combinazioni, di cui fa mestieri per l' intero circolo. Poichè i coseni da o a 90°, cambiando i segni, servono pei complementi a 180° di AR; e da 180° a 360° di AR togliendo 180° dalla stella, e aggiugnendoli al Sole, si hanno le stesse quantità che si otterrebbero impiegando l' AR assoluta, la sola differenza è ne' segni. E ciò ha luogo così per l' aberrazione in AR, come per la prima parte dell' altra in declinazione. Riguardo alla secante e seno della declinazione, siccome esse non servono che a ridurre all' equatore le quantità date dalle tavole, non possono alterarne i segni. Non è però così per la seconda parte dell' aberrazione in declinazione; in essa la declinazione fa parte dell' argomento, perciò secondo che sarà boreale o australe muterà i segni delle quantità.

Sull' uso delle tavole in generale si avverta, che trattandosi della Polare, o di altra stella molto boreale, le tavole calcolate per un epoca un poco lontana dalle osservazioni, non possono essere molto esatte. A questo oggetto il sovralodato Barone Zach nelle sue *tavole speciali* pubblicate nel 1807, ci ha dato l' aberrazione della Polare per anni diversi. Ove però si miri alla massima precisione tornerà sempre meglio impiegare le formole.

Oltre delle formole che spiegate abbiamo, più altre ne sono state investigate e proposte, e quindi calcolate le corrispondenti tavole. Non ha guari il Barone Zach ha pubblicati in Marsiglia due volumetti di tavole, ne' quali si è giovato dell' antico metodo delle aberrazioni massime; che egli ha esposto con molta chiarezza, e con

vantaggio applicato a 1400 stelle. Ma la natura di queste nostre lezioni non ci permette di entrare nella spiegazione di altre formole, nè di altre tavole.

§. 53 Chiuderemo questo articolo coll' indicare la maniera di tener conto delle due inegualianze, cui va soggetta l' aberrazione; comunque siano esse piccolissime, e quindi generalmente trascurate nelle tavole. Della prima, che proviene dalla rotazione diurna della terra sul suo asse, ne abbiamo già parlato *lib. II.* §. 64. Quì solo restano a darsi le formole, onde calcolarne il suo effetto sulle diverse stelle, così in AR, come in declinazione.

Aberrazione *diurna* in AR =

$$-\frac{0'',304 \text{ cos. altezza del Polo . cos. Angolo orario della stella .}}{\text{cos. declin. } *}$$

Aberrazione *diurna* in declinazione =

$$- 0,304 \text{ cos. altezza del Polo . sen. declin. } * \text{ . sen. Angolo orario .}$$

Se la stella sarà nel meridiano l' angolo orario diverrà = 0, e quindi nel meridiano non sussiste che l' aberrazione in AR = − 0",304 cos. altez. del polo. sec. declinazione. Sostituite in questa formola 38° 7' altezza del nostro polo, e 88° 14' declinazione della Polare pel 1800, ne sarà l' Aberrazione *diurna* in AR − 7", 806.

La dimostrazione di queste formole si può vedere nel tomo 3 dell' Astronomia di De Lambre pag. 155.

§. 54 La seconda inegualianza è dovuta alla figura dell' orbe della terra, la quale, come a suo luogo si dimostrerà, non è circolare, quale da noi si è supposta, ma elittica; onde ne viene che la luce solare non può giugnere in ugual tempo in ogni parte dell' eclittica, e perciò l' aberrazione non sarà in ogni punto la stessa. Questa considerazione è stata per la prima volta introdotta dal Cav. De Lambre nelle sue formole; ma l' effetto ne è sì piccolo, che appena si rende sensibile sulle stelle più

boreali. In ogni modo se si voglia, sarà facile di rinvenirne, la quantità è in AR, e in declinazione. Essa non è che una sessantesima parte dell' aberrazione totale calcolata nel cerchio quando il Sole è nell' Perigeo. Se pertanto si calcoli l' aberrazione della stella supposta la longitudine del Sole = alla longitudine del Perigeo, e poi se ne prenda la sessantesima parte, si avrà la correzione che si domanda. Nelle tavole particolari di Zach l' aberrazione della Polare a $9^s\ 9^\circ\ 29'$, (longitudine del Perigeo pel 1800) è $+ 50'',0$ in AR, e $+ 20''$ in declinazione. La correzione per l' eccentricità sarà dunque $+ 0'',83$ in AR, e $+ 0'',33$ in declinazione. Da ciò si raccoglie 1° che la variazione annua del Perigeo essendo piccolissima, la correzione che da esso dipende potrà riguardarsi come costante, almeno per grandissimo tempo. 2° che questa correzione è veramente di poco momento, nè di essa giova farne gran caso. In ogni modo, se piaccia, si potrà consultare il tomo 3 dell' Astronomia del Cav. De Lambre pag. 111 e 112, ove si hanno le seguenti formole per la correzione in AR, e in declinazione.

Correzione in AR =

$$\frac{0'',34\,(\cos.\ \omega\ \cos.\ A\ .\ \cos.\ \text{Perigeo} + \text{sen}.\ A\ .\ \text{sen}.\ \text{Perigeo})}{\cos.\ \text{decl}.}$$

Correzione in Declinazione =

$$0'',34\ \text{sen}.\ D\ [\cos.\ \omega\ \sin.\ A\ .\ \cos.\ \text{perigeo} - \cos.\ A\ .\ \sin.\ \text{Perigeo}]$$
$$- 0'',34\ \text{sen}.\ \omega\ .\ \cos.\ \text{perigeo}\ .\ \cos.\ D\ .$$

*Per l' Aberrazione delle Stelle in AR, e in Declinazione.*

| | TAVOLA I. Argomento A − ☉ | | | TAVOLA II. Argomento A + ☉ | | | TAVOLA III. Argomenti { ☉ + D, ☉ − D | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | O. VI | I. VII | II. VIII | O. VI | I. VII | II. VIII | O. VI | I. VII | II. VIII | |
| | − + | − + | − + | + − | + − | + − | − + | − + | − + | |
| Gra. | Sec. | Sec. | Sec. | Sec. | Sec. | Sec. | Sec. | Sec. | Sec. | Gra. |
| 0 | 19,17 | 16,60 | 9,59 | 0,83 | 0,72 | 0,41 | 3,98 | 3,45 | 1,99 | 30 |
| 1 | 19,17 | 16,43 | 9,30 | 0,83 | 0,71 | 0,40 | 3,98 | 3,42 | 1,93 | 29 |
| 2 | 19,16 | 16,26 | 9,00 | 0,82 | 0,70 | 0,39 | 3,98 | 3,38 | 1,87 | 28 |
| 3 | 19,15 | 16,08 | 8,70 | 0,82 | 0,69 | 0,38 | 3,98 | 3,34 | 1,81 | 27 |
| 4 | 19,13 | 15,89 | 8,40 | 0,82 | 0,68 | 0,37 | 3,97 | 3,30 | 1,75 | 26 |
| 5 | 19,10 | 15,71 | 8,10 | 0,82 | 0,67 | 0,35 | 3,97 | 3,26 | 1,68 | 25 |
| 6 | 19,07 | 15,51 | 7,80 | 0,82 | 0,67 | 0,33 | 3,96 | 3,22 | 1,62 | 24 |
| 7 | 19,03 | 15,31 | 7,49 | 0,82 | 0,66 | 0,32 | 3,95 | 3,18 | 1,56 | 23 |
| 8 | 18,99 | 15,11 | 7,19 | 0,82 | 0,65 | 0,30 | 3,94 | 3,14 | 1,49 | 22 |
| 9 | 18,94 | 14,91 | 6,87 | 0,82 | 0,64 | 0,29 | 3,93 | 3,10 | 1,43 | 21 |
| 10 | 18,88 | 14,69 | 6,56 | 0,82 | 0,63 | 0,28 | 3,92 | 3,05 | 1,36 | 20 |
| 11 | 18,82 | 14,47 | 6,24 | 0,82 | 0,62 | 0,27 | 3,91 | 3,01 | 1,30 | 19 |
| 12 | 18,75 | 14,25 | 5,93 | 0,82 | 0,61 | 0,25 | 3,90 | 2,97 | 1,23 | 18 |
| 13 | 18,68 | 14,02 | 5,61 | 0,81 | 0,61 | 0,24 | 3,89 | 2,92 | 1,17 | 17 |
| 14 | 18,60 | 13,79 | 5,28 | 0,81 | 0,60 | 0,23 | 3,87 | 2,87 | 1,10 | 16 |
| 15 | 18,52 | 13,56 | 4,96 | 0,80 | 0,58 | 0,22 | 3,85 | 2,82 | 1,03 | 15 |
| 16 | 18,43 | 13,32 | 4,64 | 0,80 | 0,57 | 0,20 | 3,83 | 2,77 | 0,97 | 14 |
| 17 | 18,33 | 13,08 | 4,31 | 0,80 | 0,56 | 0,19 | 3,81 | 2,72 | 0,90 | 13 |
| 18 | 18,23 | 12,83 | 3,99 | 0,79 | 0,55 | 0,17 | 3,79 | 2,67 | 0,83 | 12 |
| 19 | 18,13 | 12,58 | 3,66 | 0,78 | 0,54 | 0,15 | 3,77 | 2,62 | 0,76 | 11 |
| 20 | 18,02 | 12,32 | 3,33 | 0,78 | 0,53 | 0,14 | 3,74 | 2,56 | 0,69 | 10 |
| 21 | 17,90 | 12,07 | 3,00 | 0,77 | 0,52 | 0,12 | 3,72 | 2,51 | 0,63 | 9 |
| 22 | 17,78 | 11,80 | 2,67 | 0,76 | 0,51 | 0,11 | 3,70 | 2,46 | 0,56 | 8 |
| 23 | 17,65 | 11,54 | 2,34 | 0,76 | 0,50 | 0,10 | 3,67 | 2,40 | 0,49 | 7 |
| 24 | 17,52 | 11,27 | 2,00 | 0,75 | 0,49 | 0,09 | 3,64 | 2,34 | 0,42 | 6 |
| 25 | 17,38 | 11,00 | 1,67 | 0,75 | 0,47 | 0,07 | 3,61 | 2,28 | 0,35 | 5 |
| 26 | 17,23 | 10,72 | 1,34 | 0,75 | 0,46 | 0,06 | 3,59 | 2,23 | 0,28 | 4 |
| 27 | 17,08 | 10,44 | 1,00 | 0,74 | 0,45 | 0,05 | 3,55 | 2,17 | 0,21 | 3 |
| 28 | 16,93 | 10,16 | 0,67 | 0,73 | 0,44 | 0,03 | 3,52 | 2,11 | 0,14 | 2 |
| 29 | 16,77 | 9,87 | 0,33 | 0,72 | 0,43 | 0,02 | 3,49 | 2,05 | 0,07 | 1 |
| 30 | 16,60 | 9,59 | 0,00 | 0,72 | 0,41 | 0,00 | 3,45 | 1,99 | 0,00 | 0 |
| Gra. | − + | − + | − + | + − | + − | + − | − + | − + | − + | Gra. |
| | V. XI | IV. X | III. IX | V. XI | IV. X | III. IX | V. XI | IV. X | III. IX | |

# TAVOLA AUSILIARIA.

| Gr. | Seni | Secanti | Gr. | Seni | Secanti | Gr. | Seni | Secanti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,000 | 1,000 | 30 | 0,500 | 1,155 | 60 | 0,866 | 2,000 |
| 1 | 0,017 | 1,000 | 31 | 0,515 | 1,167 | 61 | 0,875 | 2,063 |
| 2 | 0,035 | 1,000 | 32 | 0,530 | 1,179 | 62 | 0,883 | 2,130 |
| 3 | 0,052 | 1,001 | 33 | 0,545 | 1,192 | 63 | 0,891 | 2,203 |
| 4 | 0,070 | 1,002 | 34 | 0,559 | 1,206 | 64 | 0,899 | 2,281 |
| 5 | 0,087 | 1,004 | 35 | 0,574 | 1,221 | 65 | 0,906 | 2,366 |
| 6 | 0,105 | 1,006 | 36 | 0,588 | 1,236 | 66 | 0,914 | 2,459 |
| 7 | 0,122 | 1,008 | 37 | 0,602 | 1,252 | 67 | 0,921 | 2,559 |
| 8 | 0,139 | 1,010 | 38 | 0,616 | 1,269 | 68 | 0,927 | 2,669 |
| 9 | 0,156 | 1,012 | 39 | 0,629 | 1,287 | 69 | 0,934 | 2,790 |
| 10 | 0,174 | 1,015 | 40 | 0,643 | 1,305 | 70 | 0,940 | 2,924 |
| 11 | 0,191 | 1,019 | 41 | 0,656 | 1,325 | 71 | 0,946 | 3,072 |
| 12 | 0,208 | 1,022 | 42 | 0,669 | 1,346 | 72 | 0,951 | 3,236 |
| 13 | 0,225 | 1,026 | 43 | 0,682 | 1,367 | 73 | 0,956 | 3,420 |
| 14 | 0,242 | 1,031 | 44 | 0,695 | 1,390 | 74 | 0,961 | 3,628 |
| 15 | 0,259 | 1,035 | 45 | 0,707 | 1,414 | 75 | 0,966 | 3,864 |
| 16 | 0,276 | 1,040 | 46 | 0,719 | 1,440 | 76 | 0,970 | 4,134 |
| 17 | 0,292 | 1,046 | 47 | 0,731 | 1,466 | 77 | 0,974 | 4,445 |
| 18 | 0,309 | 1,051 | 48 | 0,743 | 1,494 | 78 | 0.978 | 4,810 |
| 19 | 0,326 | 1,058 | 49 | 0,755 | 1,524 | 79 | 0,982 | 5,241 |
| 20 | 0,342 | 1,064 | 50 | 0,766 | 1,556 | 80 | 0,985 | 5,759 |
| 21 | 0,358 | 1,071 | 51 | 0,777 | 1,589 | 81 | 0,988 | 6,392 |
| 22 | 0,375 | 1,079 | 52 | 0,788 | 1,624 | 82 | 0,990 | 7,185 |
| 23 | 0,391 | 1,086 | 53 | 0,799 | 1,662 | 83 | 0,993 | 8,206 |
| 24 | 0,407 | 1,095 | 54 | 0,809 | 1,701 | 84 | 0,995 | 9,567 |
| 25 | 0,423 | 1,103 | 55 | 0,819 | 1,743 | 85 | 0,996 | 11,474 |
| 26 | 0,438 | 1,113 | 56 | 0.829 | 1,788 | 86 | 0,998 | 14,336 |
| 27 | 0,454 | 1,122 | 57 | 0,839 | 1,836 | 87 | 0,999 | 19,107 |
| 28 | 0,469 | 1,133 | 58 | 0,848 | 1,887 | 88 | 0,999 | 28,654 |
| 29 | 0,485 | 1,143 | 59 | 0,857 | 1,942 | 89 | 1,000 | 57,299 |
| 30 | 0,500 | 1,155 | 60 | 0,866 | 2,000 | 90 | 1,000 | *infin.* |

ESEMPIO.

§. 55 Si domanda l' aberrazione in AR di α Capricorno pel 1° Gennaro 1816.

AR = $10^s$ 1° 41' .. Declin. = 13° 8' A .. long. ☉ = 9° $10^s$ 1'

*Argomenti per l' AR.*

I... A — ☉ = 0.ˢ 21° 40'... II... A + ☉ = 7.ˢ 11° 42'

Ar. I. Tav. 1.ª . . . . . . . — 17",82
Ar. II. Tav. 2.ª . . . . . . . — 0 ,61

— 18 ,43

Tav. Ausil. ( vedi pag. 196 ) sec. declin. . . . 1, 027; per cui si deve moltiplicare — 18,43.
Prodotto, o sia aberrazione in AR . . . — 18",93

*Prima Parte degli Argomenti per l' Aberrazione in declinazione.*

Ar. I. = A — ☉ + 3.ˢ = 3.ˢ 21° 40'... Ar. II. = A + ☉ + 3.ˢ = 10.ˢ 11.° 42'

Ar. I. Tav. 1.ª . . . . . . . . . . . . + 7",07
Ar. II. Tav. 2.ª . . . . . . . . . . . . + 0 ,55

+ 7 ,62

Tav. Ausil. . . . sen. decl. = 0,227, per cui moltiplicando 7",62 si avrà per la prima parte dell' aberrazione in declinazione . . . + 1",73.

*Argomenti per la Seconda Parte.*

Ar. I. . . ☉+D = 9.ˢ 23.° 9'. . Ar. II. . . ☉—D = 8.ˢ 26.° 53'

I. Ar. Tav. 3.ª . . . . . . . . . . . . — 1",57
II. Ar. Tav. 3.ª . . . . . . . . . . . . + 0 ,21

— 1 ,36

Ma la decl. essendo australe il — si deve cambiare in +
Perciò Aber. in declin. 1.ª Parte + 1",73
2.ª Parte + 1 ,36

Aber. in decl. + 3 ,09

In queste tavole l' aberrazione si suppone di soli 20", mentre da noi si è stabilita di 20",255, secondo ha trovato il Cav. De Lambre colle occultazioni del primo Satellite di Giove. Le quantità ritrovate debbono quindi aumentarsi del loro prodotto per 0,012. Onde Aber. in AR — 19",16, e Aber. in decl. + 3",13.

Il Barone di Lindenau ultimamente ha fatte le maggiori ricerche sulla precisa quantità dell' aberrazione solare, e della nutazione. Egli stabilisce la prima di 20",6096, e la seconda di 8",9382. Ciò che ha tolto alla nutazione lo ha dato all' aberrazione. Ma questi cambiamenti non voglionsi adottare troppo leggermente.

## ARTICOLO V.

### *Parallasse delle fisse.*

§. 56 Esaminati i fenomeni, che il movimento della terra combinato colla successiva propagazione della luce solare, induce nelle stelle; ragion vuole che si parli degli altri, che dovrebbe produrvi questo movimento stesso considerato da se solo. Vi ha grande rassomiglianza tra l' aberrazione e la Parallasse, nè questa può andare disgiunta da quella. Se vi è aberrazione vi deve essere parallasse: ma sulla prima, quantunque non altrimenti rinvenuta che investigando la seconda, più non cade alcun dubbio; mentre l' altra non si è ancora, malgrado tutt' i nostri sforzi, manifestata in modo nitido e sicuro. La forza de' nostri stromenti non sembra per anco condotta a quel grado di perfezione che possa decisamente pareggiare la prodigiosa distanza, in cui sono le stelle da noi. Ma ciò non dee farci abbandonare l' impresa, nè trascurare di spiegarne la teoria.

§. 57 Se il diametro dell' orbe che annualmente descrive la terra non è veramente a guisa di un punto,

comparato colla distanza che disgiunge le stelle da noi; queste osservate in diversi tempi dell' anno di necessità debbono vedersi in luoghi diversi del cielo. Tale si è il fenomeno che deve offrirci la parallasse delle fisse, se è sensibile. Sia (*fig.* 50) A T G metà dell' orbe annuo della terra, P il suo polo, e P S la perpendicolare che cade sul centro dell' orbe in S, dove è collocato il Sole. Se si supponga una stella in P, osservata da S apparirà sempre su la perpendicolare S P, o sia si vedrà sempre nello stesso luogo del cielo, ma non così se si osservi dalla terra. Veduta da A apparirà in *a*, veduta da G sarà sulla retta G *g* in *g*, e lo stesso dicasi degli altri punti per cui anderà successivamente passando la terra; fino a che ritornata al punto da cui era partita, la stella si vedrà nello stesso luogo, ove prima veduta si era. Da ciò egli ne viene, che 1.° gli angoli A P S, G P S essendo tra loro uguali, nel tempo che la terra descrive l' orbe suo, la stella ne descriverà uno simile intorno al polo. 2.° l' angolo essendo massimo quando la stella è nel polo, quest' angolo misurerà la sua parallasse massima, alla quale si dovranno ridurre quelle delle altre stelle fuori del polo. 3.° Se l' angolo al polo non sia che di pochi secondi, nè sembra certamente che possa supporsi maggiore, l' arco che lo misura sarà uguale alla sua tangente. Perciò nel triangolo A P S, l' angolo in P sarà misurato da A S, che ne è la sua tangente, e insieme il semidiametro dell' orbe della terra. Chiameremo *p* questa misura, che sarà la parallasse massima di tutte le stelle, supposto che tutte siano alla stessa distanza dalla terra.

§. 58 La medesima stella, che finora considerato abbiamo, si trasporti fuori del polo in E, e cerchiamo le variazioni che indurrà la parallasse, primamente sulla latitudine, poi sulla longitudine.

*Variazione in latitudine*. Quando la terra è in A,

e quindi la stella in congiunzione col Sole, la latitudine della stella veduta dal Sole sarà E S C, e veduta dalla terra E A C, minore di quella dell' angoletto S E A; quando la terra giunge in T a 90.° dalla congiunzione, le due latitudini sono uguali: poichè T S essendo perpendicolare ad A C, le rette T E, S E faranno angoli sensibilmente uguali col piano dell' ecclittica; finalmente quando la terra sarà passata in G, o sia la stella in opposizione col Sole, l' angolo E G B, misura della latitudine della stella, sarà maggiore dell' angolo E S B di S E G.

Quindi 1.° in forza della parallasse la latitudine della stella cresce dalla congiunzione all' opposizione, e diminuisce da questa a quella: è minima nella congiunzione, massima nell' opposizione, e uguale a quella veduta dal Sole nelle quadrature. 2.° L' intero effetto della parallasse essendo l' angolo A E G, la di cui metà è sensibilmente uguale all' angolo A E S; o sia alla differenza tra la latitudine veduta dalla terra così nella congiunzione, come nell' opposizione, e quella veduta dal Sole, si potrà prendere questo angolo A E S per misura della parallasse della stella in E. 3.° Se da S si abbassi sulla retta A E la perpendicolare S X, essa sarà tangente dell' angolo A E S, o sia della parallasse in latitudine della stella in E. 4.° Nel triangoletto A X S, rettangolo in X, sarà A S la parallasse della stella, se fosse nel polo, o sia la parallasse massima, S X la parallasse in E, e l' angolo X A S uguale alla latitudine della stella. Quindi R : sen. X A S ( = sen. lat. = sen. L ) : : A S ( = $p$. ) : S X = $p$. sen.latitudine della stella. 5.° Se $a$ sia la metà della differenza delle due latitudini della stella, osservate nell' opposizione e nella congiunzione, sarà $a = p$. sen. L, e $p = \frac{a}{\text{sen. L}}$.

§. 59 *Variazione in longitudine*. A maggiore chiarezza da principio considereremo la stella collocata nel pia-

no stesso dell' ecclittica, o sia senza latitudine. Sia pertanto (*fig.* 51) A T G B il piano dell' orbe della terra, ed E una stella, situata nella continuazione di questo piano, che supporremo indefinitamente esteso. Se la stella si trovi in congiunzione o in opposizione col Sole, o sia sulla retta A G, osservata dalla terra apparirà sempre nello stesso luogo del Cielo, in cui si vedrebbe del Sole; perciò nella congiunzione e nell' opposizione non vi ha parallasse: la longitudine si conserva la stessa. Ma nel passaggio da A in T, fino alla prima quadratura, il raggio si anderà sempre allontanando da A E, in T la stella si vedrà sulla retta T *t*, e l' allontanamento sarà il massimo; da T in G si avvicinerà ad A E, e con essa si confonderà in G. Da G in A tornerà ad allontanarsene, ma dalla parte opposta alla prima, e così successivamente.

Dunque da A in G il raggio rimane sulla dritta di A E, o sia dalla parte verso cui si fa il moto della terra, e da G in A sulla sinistra, cioè dalla parte opposta al moto della terra. La parallasse farà quindi apparire maggiori le longitudini da A in G, minori da G in A. Il massimo aumento sarà in T, e il massimo decremento in B. L' angolo S E T sarà la parallasse massima, e T S la sua misura.

Si supponga ora che la stella abbia una latitudine qualunque L. Egli è chiaro che la differenza tra questo secondo caso e il primo non dipende che dalla diversità de' cerchii, ai quali appartengono gli archi, che nei due casi propriamente misurano l' angoletto alla stella, o sia S E T. Nel primo l' arco appartiene a un cerchio massimo, all' ecclittica stessa; nel secondo al paralello della stella. Ma le nostre osservazioni sono sempre in un cerchio massimo. A trovare dunque la parallasse che verrà da noi osservata, di altro non si tratta, che di ridurre l' arco, che nella ragione della stella misura la parallasse massima, a quello, che gli corrisponde sull' eclittica. Si

dica quindi, come il raggio del parallello della stella all' archetto, che misura la parallasse massima; così il raggio dell' ecclittica, o della sfera al quarto, che sarà la parallasse osservata. Cioè cos. L : $p$ : : R : alla parallasse, che si cerca $= \frac{p}{\text{cos. L}}$. *Si veda lib. II.* §. 98.

§. 60 Per una stella, la di cui parallasse massima sia $p$, e la latitudine L, saranno le parallassi massime osservate in lat. $= p$. sen. L.. in lon. $= \frac{p}{\text{cos. L}}$. Quindi 1.° Nel polo la parallasse sarà tutta in latitudine, e niente in longitudine, e nel piano dell' ecclittica tutta in longitudine. 2.° La latitudine della stella aumentando la parallasse in longitudine, e diminuendo quella in latitudine, parrebbe che in questa ricerca, si dovesse preferire la prima alla seconda; e così sarebbe, se si potessero osservare con uguale precisione le AR e le declinazioni.

Non abbiamo finora considerati gli effetti della parallasse che nelle sigizie, e nelle quadrature. Quale pertanto sarà il suo effetto ne' punti intermedj tra le une e le altre?

PROBLEMA I.

*Ritrovare l' espressioni delle due parallassi in longitudine e in latitudine, qualunque sia il punto, in cui si trovi la terra nell' orbe suo.*

§. 61 *Parallasse in latitudine*. Sia la terra in un punto qualunque D, (*fig.* 50) abbassata da D la perpendicolare DF sul diametro AG, o sia sulla linea delle sigizie, e condotta la retta FE, sarà l' angolo SEF la parallasse osservata. Ora SEG : SEF : : SG : SF. Ma SEG $= p$. sen. L, e FS = cos. ATD = cos. DG; e GD = alla longitudine della stella, meno la longitudine della terra

$= \ast - (180 + ☉)$; poichè se si supponga, a cagion di esempio, ♈ tra B e O (*fig.* 51), la longitudine della stella sarà ♈ G, e quella della terra in D = ♈ O + 180. Quindi $p$. sen. L : S E F : : R : cos. [ ( ✶ − ☉ ) − 180 ] = − cos. ( ✶ − ☉ ), onde S E F = − $p$. sen. L . cos. ( ✶ − ☉ ).

*Parallasse in longitudine*. Sia (*fig.* 51) la terra in D, come nel caso precedente; la paralasse in T sarà S E T, e in D, F E D; ma S E T $= \frac{p}{\text{cos. L}}$, e S T : F D : : R : sen. D G

quindi paralasse F E D $= \frac{p}{\text{cos. L}}$ sen. DG $= - \frac{p}{\text{cos. L}}$ sen.( ✶ − ☉ ).

Queste stesse formole si possono trovare ancora considerando la paralasse come considerata abbiamo l' aberrazione; ma la maniera, come quì si sono dimostrate ci è sembrata più piana, e più facile.

§. 62 In un punto qualunque D dell' orbe è dunque la paralasse in longitudine alla paralasse in latitudine come $\frac{p}{\text{cos. L}}$ sen. ( ✶ − ☉ ) a $p$. sen. L . cos. ( ✶ − ☉ ). Quindi ogni stella nel periodo di un anno apparentemente descriverà un ellisse, il di cui centro sarà il luogo della stella veduta dal Sole, il semiasse maggiore T S = − $p$. sec. L sen. ( ✶ − ☉ ), e il minore S G = − $p$. sen. L . cos. ( ✶ − ☉ ). Or poichè ogni stella in forza dell' aberrazione in un anno descrive similmente un ellisse intorno al suo luogo vero; gioverà comparare insieme le rispettive formole delle due ellissi, ed esaminarne i rapporti.

*Paralasse* { *in latitudine* . . . − $p$. sen. L cos. ( ✶ − ☉ )
*in longitudine* . . . − $p$. sec. L sen. ( ✶ − ☉ ) }

*Aberrazione* { *in latitudine* . . . + $m$. sen. L sen. ( ✶ − ☉ )
*in longitudine* . . . − $m$. sec. L cos. ( ✶ − ☉ ) }

§. 63. 1.° Nelle due formole di parallasse si diminuisca di 90° la longitudine del Sole, o ciò che è lo stesso, a $\odot$ si sostituisca $(\odot - 90^\circ)$; cos. $(\ast - \odot)$ si convertirà in cos. $[(\ast - (\odot - 90^\circ)] = \cos. [90^\circ + (\ast - \odot)]$ $= -$ sen. $(\ast - \odot)$; e sen. $(\ast - \odot)$ si convertirà in sen. $[\ast - (\odot - 90^\circ)] =$ sen. $[90^\circ + (\ast - \odot) = \cos.(\ast - \odot)$

$$\text{Quindi}\begin{cases} -p\ \text{sen.L}\cos.(\ast-\odot)\ \text{diverrà} + p\ \text{sen.L}\ \text{sen.}(\ast-\odot) \\ -p\ \text{sec.L}\ \text{sen.}(\ast-\odot)\ \ldots\ -p.\ \text{sec. L}.\ \cos.(\ast-\odot) \end{cases}$$

e mutato $p$ in $m$ si avranno esattamente le formole di aberrazione. Similmente se nelle formole di aberrazione si ponga $(\odot + 90^\circ)$ in luogo di $\odot$, e si muti $m$ in $p$ esse si convertiranno nelle formole di paralasse.

Le due elissi sono dunque concentriche e simili, e fatto $m = p$, si confonderanno in una sola.

2.° Si comparino i diversi movimenti delle stelle nelle due elissi. Nella congiunzione $(\ast - \odot) = 0$, cos.$(\ast - \odot)$ $= 1$, sen. $(\ast - \odot) = 0$; perciò in latitudine, paralasse $= - p$ sen. L, aberrazione $= 0$. Nella prima quadratura $(\ast - \odot) = 270^\circ$, sen. $(\ast - \odot) = -1$, cos. $(\ast - \odot) = 0$, perciò in latitudine, aberrazione $= - m$ sen. L, paralasse $= 0$; in longitudine, paralasse $= + p$. sec. L, aber. $= 0$. Nell' opposizione $(\ast - \odot) = 180^\circ$, cos. $(\ast - \odot) = -1$, sen. $(\ast - \odot) = 0$, perciò in longitudine, aberrazione $= + m$ sec. L, paralasse 0; in latitudine, aberrazione $= 0$, paralasse $= + p$. sen. L. Nella seconda quadratura $(\ast - \odot) = 90^\circ$, sen. $(\ast - \odot) = 1$, cos. $(\ast - \odot) = 0$, perciò in longitudine, paralasse $= - p$. sec. L, aberrazione $= 0$; in latitud. paralasse $= 0$, aberra. $= + m$ sen. L.

§. 64 Nelle due elissi si ha dunque 1.° in latitudine, paralasse massima negativa, e aberrazione massima negativa nella congiunzione, e nella prima quadratura, precede la paralasse, siegue l' aberrazione; nell' opposi-

zione e seconda quadratura, parallasse massima positiva, e aberrazione massima positiva, quella precede questa siegue. 2.° in longitudine, prima quadratura e opposizione, parallasse massima positiva, aberrazione massima positiva, quella prima, questa dopo; nella seconda quadratura e nella congiunzione, parallasse massima negativa, aberrazione massima negativa, questa siegue, quella precede. Dunque il periodo di parallasse precede sempre il periodo di aberrazione. La quale cosa meglio ancora si concepirà gettando l' occhio (*fig.* 52) sulle due ellissi della Polare considerate nella sfera, ove E il polo dell' ecclittica, M il luogo medio della stella, L M la sua latitudine media, ♈ L, ♈ L', ♈ L'', le sue diverse longitudini, cioè media e affette dall' aberrazione. Nell' ellisse minore sono segnati i tempi delle parallassi massime, e nella maggiore i tempi dell' aberrazioni massime così in latitudine come in longitudine. Parallasse massima negativa in Aprile a 0.^s 20, aberrazione massima negativa in Luglio a 3.^s 20', o sia tre mesi dopo. Paralasse massima positiva in Luglio a 3.^s 20°, aberrazione massima positiva in Ottobre a 6.^s 20, o tre mesi dopo, e così delle altre.

§. 65 Poichè le formole di parallasse si trasformano in formole di aberrazione togliendo 3.^s dalla longitudine del Sole, e queste in quelle di parallasse aggiungendo 3.^s alla longitudine del Sole; colle tavole di parallasse si potrà calcolare l' aberrazione, e reciprocamente. A giovarsi di quelle di aberrazione, che trovansi già calcolate, di altro pertanto non sarà mestieri, che di aggiugnere tre segni alla longitudine del Sole pel tempo della parallasse che si cerca, e con questo argomento prendere nelle tavole di aberrazione la quantità che vi corrisponde, che moltiplicata per $\frac{p}{m}$, darà la parallasse che si domanda, siccome è chiaro. Si cerchi, a cagion d' esempio, la parallasse massima positiva in longitudine

della Polare, la quale cade in Luglio, essendo il Sole a 3.ˢ 20°, e con 6.ˢ 20° nelle tavole di aberrazione si avrà l' aberrazione massima positiva in longitudine, si moltiplichi per $\frac{p}{m}$, il prodotto sarà la parallasse pei 5 Luglio.

§. 66 La rassomiglianza tra le formole di parallasse in longitudine e in latitudine e le formole di aberrazione in latitudine e in longitudine ci dispenserà dal cercare separatamente le formole di parallasse in AR e in declinazione. I rapporti che passano tra le formole di aberrazione in longitudine e in latitudine colle corrispondenti in AR e in declinazione, debbono conservarsi tra le formole di parallasse in longitudine e in latitudine, e le corrispondenti in AR e in declinazione. Poichè la differenza delle formole di aberrazione in longitudine e in latitudine dalle altre in AR e in declinazione, non dipende che dall' obbliquità dell' ecclittica. Or questa nel modo stesso che influisce sulle une deve influire ancora sulle altre. Se pertanto a convertire le formole di aberrazione in longitudine e in latitudine nelle formole di parallasse di altro non è mestieri, che di sostituire $p$ a $m$, e aggiugnere tre segni al Sole, per ugual ragione a convertire le formole di aberrazione in AR, e in declinazione in formole di parallassi in AR e declinazione, basterà porre $p$ in luogo di $m$, aggiugnere tre segni al Sole, e fare le opportune riduzioni. Le nuove formole, che quindi ne verranno, saranno quelle stesse di parallasse in AR e in declinazione, che direttamente si sarebbero rinvenute, siccome ha dimostrato il Cav. De Lambre nel terzo tomo della sua Astronomia pag. 157 e seg.

*Formole di Aberrazione in AR. e in declinazione.*

$$\textit{Aber. in AR.} = m \text{ sec. D} \left\{ \begin{array}{l} + \text{ sen.}^2 \tfrac{1}{2} \omega \text{ cos. } (A + \odot) \\ - \text{ cos.}^2 \tfrac{1}{2} \omega \text{ cos. } (A - \odot) \end{array} \right.$$

$$\textit{Aber. in decl.} = \left\{ \begin{array}{l} m \text{ . sen.D} \left\{ \begin{array}{l} + \text{ cos.}^2 \tfrac{1}{2} \omega \text{ sen. } (A - \odot) \\ - \text{ sen.}^2 \tfrac{1}{2} \omega \text{ sen. } (A + \odot) \end{array} \right. \\ \qquad\qquad - m \text{ . cos. D . cos. } \odot \text{ . sen. } \omega \end{array} \right.$$

§. 67 Se dunque si aumenti di tre segni la longitudine del Sole; sostituendo nelle precedenti formole $\odot + 90°$ invece di $\odot$, cos. $(A + \odot)$ si convertirà in cos. $[A + (\odot + 90)]$, cos. $(A - \odot)$ in cos. $[A - (\odot + 90)]$, sin. $(A - \odot)$ in sin. $[A - (\odot + 90)]$, e sin. $(A + \odot)$ in sin. $[A + (\odot + 90)]$; ma

$\text{cos.}[A + (\odot + 90°)] = \text{cos.}[90° + (A + \odot)] = -\text{sen.}(A + \odot)$

$\text{cos.}[A - (\odot + 90°)] = \text{cos.}[-90° + (A - \odot)] = +\text{sen.}(A - \odot)$

$\text{sen.}[A + (\odot + 90°)] = \text{sen.}[90° + (A + \odot)] = +\text{cos.}(A + \odot)$

$\text{sen.}[A - (\odot + 90) = \text{sen.}(-90° + (A - \odot)] = -\text{cos.}(A - \odot)$

Quindi nella formola di Aberrazione in Ascensione retta sostituendo $-$ sen. $(A + \odot)$ a cos. $(A + \odot)$, e $+$ sen. $(A - \odot)$ a cos. $(A - \odot)$, e nella formola di declin. $+$ cos. $(A + \odot)$ a sen. $(A + \odot)$; e $-$ cos. $(A - \odot)$ a sen. $(A - \odot)$; e nel terzo termine sen. $\odot$ a cos. $(\odot + 90°)$, si avramo le due seguenti formole per la parallasse in Ascensione retta e in declinazione.

$$\text{Paral. in AR} = -p \,.\, \text{sec. D} \left\{ \begin{array}{l} +\ \text{sen.}^2 \tfrac{1}{2}\ \omega\ \text{sen.}\ (\text{A} + \odot) \\ +\ \text{cos.}^2 \tfrac{1}{2}\ \omega\ \text{sen.}\ (\text{A} - \odot) \end{array} \right\}$$

$$\text{Paral. in decl.} = \left\{ \begin{array}{l} -p \,.\, \text{sen. D} \left\{ \begin{array}{l} +\ \text{sen.}^2 \tfrac{1}{2}\ \omega \,.\, \text{cos.}\ (\text{A} + \odot) \\ +\ \text{cos.}^2 \tfrac{1}{2}\ \omega \,.\, \text{cos.}\ (\text{A} - \odot) \end{array} \right\} \\ \qquad +\ p\ \text{cos. D} \,.\, \text{sen.}\ \odot \,.\, \text{sen.}\ \omega \,. \end{array} \right.$$

Ma da noi si è fatto $\omega = 23^\circ\ 27'\ 50''$; quindi $\text{sen.}^2 \tfrac{1}{2}\ \omega = 0'',04132$; $\text{cos.}^2 \tfrac{1}{2}\ \omega = 0'',95867$, $\text{sen.}\ \omega = 0'',39882$, e

$$\text{Paral. in AR} = -p\ \text{sec. D} \left\{ \begin{array}{l} +\ 0'',04132\ \text{sen.}\ (\text{A} + \odot) \\ +\ 0'',95867 \,.\, \text{sen.}\ (\text{A} - \odot) \end{array} \right\}$$

$$\text{Paral. in decl.} = \left\{ \begin{array}{l} -p \,.\, \text{sen. D} \left\{ \begin{array}{l} +\ 0'',04132\ \text{cos.}\ (\text{A} + \odot) \\ +\ 0'',95867\ \text{cos.}\ (\text{A} - \odot) \end{array} \right\} \\ \qquad +\ 0'',39882\ p \,.\, \text{sen.}\ \odot \,.\, \text{cos. D} \,. \end{array} \right.$$

E poichè $p$ non può essere che di pochi secondi, basterà prendere il secondo termine in ciascuna delle due formole

$$\text{onde parall.} \left\{ \begin{array}{l} \text{in AR} = -\ 0'',95867\ \text{sen.}\ (\text{A} - \odot) \,.\, p \,.\, \text{sec. D} \\ \text{in decl.} = -\ 0'',95867\ \text{cos.}\ (\text{A} - \odot) \,.\, p \,.\, \text{sen. D} \end{array} \right.$$

§. 68 Chiamata $a$ la parallasse che si osserva in AR, quando $\text{A} - \odot = 90^\circ$, sarà $a = 0'',95867 \,.\, p \,.\, \text{sec. D}$, e $p = \frac{a}{0'',95867 \,.\, \text{sec. D}}$; chiamata similmente $d$ la parallasse in declinazione che si osserva, quando $\text{A} = \odot$, sarà $d = 0'',95867 \,.\, p \,.\, \text{sen. D}$, e $p = \frac{d}{0'',95867\ \text{sen. D}}$. Quindi $\frac{a}{\text{sec. D}} = \frac{d}{\text{sen. D}}$, e $a : d :: \text{sec. D} : \text{sen. D}$.

§. 69 E' pertanto la paralasse in AR di lunga mano più sensibile della paralasse in declinazione, e tanto mag-

giormente, quanto la stella che si osserva è più boreale. La Polare sarà quindi la stella, di cui osservando l' AR ne' tempi opportuni, più facilmente si potrà determinarne la parallasse. Verso questa stella infatti Flamstedio volse le sue ricerche, allorchè si pretendeva dal Riccioli, e da altri, che le stelle non avessero parallasse, e quindi mancasse della pruova più essenziale il sistema di Copernico. Ma Flamstedio osservò la Polare nel tempo delle sue aberrazioni massime, lontano da quello della parallasse di tre mesi, e attribuì a questa gli effetti di quella, non conosciuta ancora. Frattanto generalmente si conchiuse dagli Astronomi, che sebbene la parallasse in AR, considerata teoricamente, fosse maggiore di quella in declinazione, pur nondimeno, attesa la sua piccolezza, più facilmente si potesse confondere cogli errori probabili dall' osservazione, che non fosse per avvenire della parallasse in declinazione. Più quindi non si pensò alle AR, e le sole declinazioni vennero impiegate in questa ricerca; nella quale s' impegnarono tutti gli Astronomi, e in particolare i due più grandi Osservatori del secolo passato, Bradley e la Caille. Ma niente poterono essi stabilire di ben certo e sicuro. Lo stesso è avvenuto a me, che ho tentato molte osservazioni su diverse stelle di prima grandezza, e in particolare sulla Lira e su di Sirio. Le mie osservazioni e risultati si possono vedere nel tomo XII. *della Società Italiana*. In quelle ho data, come molto probabile, di 2'' circa la parallasse della Lira, e di 4'' quella di Sirio. Ma una differenza di non più di 2'' in 4'', dedotta da osservazioni a sei mesi di distanza le une dalle altre, lascierà mai sempre non lieve dubbio, che anzi che alla parallasse, debbasi piutosto a cause accidentali, e in particolare a qualche deviazione dello stromento dalla verticale, sì difficile a riconoscersi, ove sia entro i limiti di due in tre secondi. Sulla parallasse in declinazione si potranno quindi promovere dei dubbj, come saggiamente

riflette il Cav. De Lambre, nè potranno togliersi, che quando venga confermata dall' altra in AR; che non è poi sì difficile come finora si è creduto. Mosso da queste riflessioni D. Niccola Cacciatore, Assistente della Specola, sino dal 1802 si propose di seguire la Polare ne' tempi opportuni della sua parallasse in AR. A dare pertanto alle sue osservazioni la maggiore possibile sicurezza; 1.° Si giova di un diafragma, onde rendere l' immagine della stella quanto meglio terminata sia possibile. 2.° Sulla destra di ciascun filo del reticolo osserva i due contatti occidentale e orientale della stella, nel mezzo il centro, e sulla sinistra i due altri contatti corrispondenti. 3.° Non considera che le sole osservazioni che nel giro di dodici ore hanno le corrispondenti sotto o sopra il Polo, onde così i medii delle une e delle altre non siano affetti nè dalla deviazione del Cannocchiale dal meridiano, nè dall' ineguale distanza dei fili laterali da quello di mezzo. Con queste diligenze egli ha replicate le sue osservazioni negli anni 1803, 1804, 1812, 1813, 1814, 1815, e dal complesso di tutte ne ha dedotto 5",21 di parallasse in tempo, e in arco 1' 18". I Signori Lindenau, Carlini e Bessel, avendo calcolato le osservazioni del Bradley, sostengono che la Polare non abbia parallasse sensibile. Se pertanto le osservazioni del Sig. Cacciatore non vengano confermate da altre, tentate colle stesse diligenze in altri osservatorj, vi rimarrà sempre il dubbio di qualche difetto nelle osservazioni medesime, o nei calcoli (*Febbrajo* 1816).

§. 70 Se pertanto la parallasse massima osservata della Polare realmente sia di 1' 18" in arco, avremo, $1'\ 18'' = \frac{0'',95867\ p}{\cos.\ 88°\ 14'}$, e $p = \frac{1'\ 18''\ .\ \cos.\ 88°\ 14}{0,95867} = 2'',5$ parallasse assoluta al polo. Dalla quale potremo ricavare la parallasse in declinazione, che vi corrisponde, e sarà $d = 2'',5 \times 0'',95867 \times \text{sen.}\ 88°\ 14 = 2'',4$ prossima-

mente. Nella Polare non sembra quindi, che mai colle osservazioni in declinazione si possa giugnere a determinare con sicurezza sì piccolo arco. Stabilita la parallasse assoluta della Polare di 2″,5 sarà la distanza di questa stella da noi di 82505,92248 semidiametri dell' orbita terrestre, che ridotti in leghe di 2000 tese sono 323662483296 8 raggi della terra: e la luce a percorrere questo spazio impiegherà un anno e 106 giorni.

## ARTICOLO VI.

### *Movimenti proprii delle Stelle.*

§. 71 Da che gli Astronomi conobbero la necessità di porre maggiore cura nelle osservazioni delle stelle, si cominciò a dubitare, che oltre i movimenti comuni a tutte, altri per avventura ne avessero proprii di ciascuna. Halleyo il primo, verso il principio del secolo XVII., comparando le posizioni delle stelle riportate nell' Almagesto colle osservate a' suoi tempi, concepì questo pensiero. Louville, Cassini, Mayer e altri diedero maggior peso a sì interessante congettura; ma le loro ricerche non caddero che su Arturo, Sirio, e poche altre stelle, nè di queste stesse furono in grado di parlarne con sicurezza e precisione. La quantità media della precessione lascia ancora qualche incertezza, e una maggiore possono lasciarne le osservazioni. Quindi la differenza tra il movimento calcolato e osservato non potrà riguardarsi come movimento proprio delle stelle, se decisamente non sia fuori dei limiti dell' errore probabile: or a tanto non si giunse prima del Maskelyne. Egli colle sue osservazioni e con quelle del Bradley, le une e le altre di una non ordinaria esattezza, dimostrò che non era in alcun modo permesso di più dubitare dei movimenti di Arturo, di Sirio e di alcune altre delle 36 stelle del suo ca-

talogo. Ma oltre di queste, più e più altre, e tutte per avventura affette sono da simili movimenti; che se non si conoscono ancora, ciò avviene per mancanza principalmente di buone osservazioni, e abbastanza lontane a renderli a noi sensibili. In fatti dopo che nel 1802 pubblicai il mio primo catalogo, che poi, rifatto da capo, ristampai nel 1814; con quello e con questo non mi fu difficile e di confermare i movimenti, che già si conoscevano, e di additarne altri molti, nè da alcuno sospettati. Ve ne ha tra questi certamente, che non sono che più o meno probabili, parecchi però escludono qualsisia ragionevole dubbio, quelli in particolare che eccedono il secondo, o vi sono assai vicini, e de' quali prima di me ne erano noti soli quattro, Arturo, Sirio, Procione, e β Vergine. Quì riporteremo i principali scelti tra più di mille dal nostro secondo catalogo. Ne' movimenti in declinazione il segno + indica, che il moto della stella è verso il polo boreale, il segno — verso l' australe; e ne' movimenti in AR + aumento, — decremento.

**ANNUI MOVIMENTI PROPRJ DI ALCUNE STELLE.**

| *Nomi* | Movimento prop. in *AR.* | Movimento prop. in *Decl.* | *Nomi* | Movimento prop. in *AR.* | Movimento prop. in *Decl.* |
|---|---|---|---|---|---|
| η Cassiopea | + 1,78 | − 0,72 | γ 2 Vergine | − 0,77 | + 0,09 |
| 20 Mayer | + 0,50 | − 1,25 | 52 Vergine | 0,0 | + 1,00 |
| μ Andromeda | + 1,2 | + 0,4 | 43 Chioma | − 1,20 | + 0,94 |
| μ Cassiopea | + 5,70 | − 1,65 | 61 Vergine | − 1,30 | − 1,08 |
| τ Balena | − 1,86 | + 0,84 | Arturo | − 1,17 | − 1,96 |
| 66 Balena | + 1,10 | − 0,05 | *b* Orsa Maggiore | − 1,0 | − 0,1 |
| δ Triangolo | + 1,29 | − 0,26 | ϑ Boote | − 0,80 | − 0,54 |
| Dalim (12 *Erid.*) | + 0,64 | + 0,80 | γ Serpente | + 0,35 | − 1,31 |
| *e* Eridano | + 4,30 | + 0,83 | Aldib (ϑ *Drag.*) | − 0,87 | + 0,30 |
| *g* Eridano | + 1,02 | − 0,05 | ζ Ercole | − 0,70 | + 0,47 |
| *d* Eridano | − 2,21 | − 3,60 | *A* Ofiuco | − 0,59 | − 1,25 |
| Sirio | − 0,52 | − 1,15 | 30 Scorpione | − 0,58 | − 1,24 |
| Procione | − 0,72 | − 0,98 | η Serpente | − 0,67 | − 0,68 |
| Polluce | − 0,72 | − 0,12 | χ Dragone | + 1,72 | − 0,40 |
| δ Orsa Maggiore | − 2,0 | + 0,1 | *b* Aquila | + 0,92 | + 0,72 |
| ι Orsa Maggiore | − 1,05 | − 0,32 | σ Dragone | + 1,28 | − 2,12 |
| ϑ Orsa Maggiore | − 1,80 | − 0,60 | γ Sagittario | + 1,24 | + 0,8 |
| 20 Leone Minore | − 0,76 | − 0,42 | 61 Cigno preced. | + 5,38 | + 3,30 |
| 83 Leone | − 0,90 | + 0,23 | 61 Cigno seguen. | + 5,30 | + 3,00 |
| Zavijava (β *Ver.*) | + 0,77 | − 0,30 | 3 Pesce Australe | − 1,09 | − 0,11 |
| 8 Cani da Caccia | − 1,0 | + 0,3 | 85 Pegaso | + 0,90 | − 1,15 |
| γ 1 Vergine | − 0,72 | + 0,10 | Caph (β *Cass.*) | + 0,82 | − 0,25 |

§. 72 Poichè la grandezza di questi movimenti, e la moltiplicità delle osservazioni sulle quali sono fondati, toglie qual si sia più lontano sospetto di errore; vuolsi investigare quale ne sia o essere ne possa la causa: se siano essi o solo apparenti, o solo reali, o un misto di reali e di apparenti.

Se sono semplici o pure apparenze, non sembra certamente che si possa immaginare altra causa, onde spiegarli, che un movimento di translazione dell' intero nostro sistema. E questa in fatti fu la prima idea, che ne concepì il Mayer, abbracciata poi da Herschel, e seguita da Prevost, e da altri; esaminiamo dunque se sia a ciò bastevole un tale movimento. Non vi ha dubbio che se il Sole è in moto e le stelle in quiete, il luogo in cui queste ci appariranno in un tempo potrà essere diverso da quello in cui le vedremo in un altro. Sia (*fig.* 53) S il punto dello spazio in cui si trovava il Sole, a cagion di esempio, nel 1700, e S' l' altro, in cui giunse nel 1800; sia ancora *a* una stella, e *m n* una porzione della sfera. Quando il Sole è in S la stella si vedrà in *n*, e giunto il Sole in S' apparirà in *m*, lo stesso si è della stella *b*. Queste due stelle, in S si vedranno sotto l' angolo *n* S *q*, e in S' sotto l' angolo *m* S' *p*, questo maggiore di quello, perciò più lontane l' une dall' altre nella seconda posizione, che non fossero nella prima. Si avrà dunque una vera parallasse, che potrà chiamarsi *secolare*, non diversa dall' annua che nella sola base. Ma poichè l' annua è presso che insensibile a cagione della picciolezza della sua base rispetto alla distanza delle stelle, converrà supporre S S' prodigiosamente più grande del diametro dell' orbe nostro. Abbia S S' quella qualunque siasi estensione che più piaccia. Egli è chiaro che quando il Sole è in S, in questo punto s' intersecano tutt' i raggi, per cui vediamo le stelle, e similmente dovranno intersecarsi in S', allorchè ivi sarà giunto il Sole. Determinata dunque in conseguenza de' movimenti proprii di due stelle la posizione di S', o sia la sua AR, e la sua declinazione; i movimenti di tutte le altre stelle combinati a binarii dovranno darci lo stesso punto S' di concorso. Ne deve recare difficoltà che le osservazioni nostre siano dalla terra, e non dal Sole, co-

me finora supposto abbiamo. Il Sole passa da S in S' con tutto il suo sistema, che, rispetto all' immensa distanza delle stelle, deve riguardarsi a guisa di un punto, che si confonde col centro stesso del Sole. Quindi

PROBLEMA

*Dati i movimenti proprii di due stelle, determinare il punto d' intersezione de' loro raggi visuali.*

§. 73 Sia ♈ G ♎ $p$ (*fig.* 54 *e* 55) il coluro degli equinozii, ♈ ♎ l' equatore, P il suo polo; M, $m$ le due stelle; e N T, $n\,t$ i movimenti dati in AR^ta, T M, $t\,m$ gli altri in declinazione. Egli è chiaro che se per M e N, $m$ e $n$ si conducano due archi di cerchii massimi G H, $g\,h$, essi saranno nella direzione de' raggi visuali, e s' intersecheranno nello stesso punto $\varpi$ in cui s' incontrano i raggi medesimi. S' intendano ora condotti alle stelle M, $m$, e al punto d' incontro $\varpi$ i rispettivi cerchii di declinazione P M A, P $m\,a$, P C $\varpi$; saranno A M, $a\,m$ le declinazioni, ♈ A, ♈ $a$ le AR^te delle due stelle non affette dai movimenti proprii, e sarà ♈ C l' AR^ta, e C $\varpi$ la declinazione del punto $\varpi$ che si cerca. Pertanto 1° nei due triangoli rettangoli N T M, $n\,t\,m$, essendo noti i lati N T, T M, $n\,t$, $t\,m$ si avranno gli angoli M, $m$. 2° Negli altri due triangoli rettangoli R M A, $r\,m\,a$, ne' quali si conoscono gli angoli M, $m$, e i lati A M, $a\,m$ si cerchino i lati AR, $a\,r$. 3° (*fig.* 54) ♈ A — ♈ $a$ = A $a$, e A $a$ — ($a\,r$ + AR) = R $r$; e (*fig.* 55) ♈ A — ♈ $a$ = A $a$, e A $a$ — ($a\,r$ — AR) = R $r$. 4° Quindi nel triangolo $r\,\varpi$ R si conoscerà la base $r$ R, e gli angoli adjacenti R e $r$, colle quali quantità si calcolerà l' altezza $\varpi$ C, e i due segmenti C $r$, e C R. 5° Sarà l'

altezza C la declinazione del punto di concorso, e la sua AR (*fig.* 54) $\Upsilon C = \Upsilon a + (ar + rC) = \Upsilon A - (RA + CR)$; e (*fig.* 55) $\Upsilon C = \Upsilon a + (ar + rC) = \Upsilon A + (AR + RC)$.

ESEMPIO

$\mu$ Cassiopea

AR.ta 13.45.56,5 $= \Upsilon a$ ... Mov.prop.in AR.ta $+ 5'',70 = tn$
Decl... 53.56. 3,6 B $= am$ in Decl. $-1$ ,65 $= mt$

1°... $\tan. m = \frac{tn}{mt} \cos. am$

Colog. 1,65 . . . . . . . . 9.7825161
Log. . . 5,70 . . . . . . . 0.7558749
Log. cos. (53.56.3,6) ... 9.7699030
Log. tan. $m$ . . . . . . . . 0.3082940 . . . $m = 63.48.58,9$

2° . . . $\tan. ar = \tan. m . \text{sen.} am$

$\cos. r = \text{sen.} m . \cos. am$

$m$ . . . log. tan. . . . 0.3082940 . . . log. sen. . . . 9.9529786
$am$ ... log. sen. . . . 9.9075956 . . . log. cos. . . . 9.7699030
log.tan. $ar$ ... 0.2158896 . . . log. cos. $r$ . . . 9.7228816
$ar = 58.41.17,8$ $r = 58.6.53,0$

AR.ta 112.12.21,7 = ♈ A ... Mov. prop. in AR.ta — 0,71 = T N
Decl. ... 5.43.38,5 = A M ... in Decl. — 0,98 = M T

1° ... tan. M = $\frac{TN}{MT}$ cos. A M

Colog. . . . 0,98 . . . . . . 0.0087739
Log. . . . . 0,71 . . . . . . 9.8512584
Log. cos. (5.43.38,5) ... 9.9978266
Log. tan. M . . . . . . . . 9.8578589 . . . M = 35.47.12,6

2° ... tan. AR = tan. M . sen. A M
cos. R = sen. M . cos. A M

M . . . . . log. tan. . . . 9.8578589 . . . . log. sen. 9.7669860
A M . . . log. sen. . . . 8.9991084 . . . . log. cos. 9.9978266
Log. tan. AR . . . 8.8569673 ... log. cos. R... 9.7648126
AR = 4. 6. 53,1 R = 54.25.8,7

---

3° ... $a\,r$ = 58. 41. 17,8 ♈ A = 112. 12. 21,7 $r$ = 58. 6. 33,0
AR = 4. 6. 53,1 ♈ $a$ = 13. 45. 56,5 R = 54. 25. 8,7
A $a$ = 98. 26. 25,2 $r$ — R = 3. 41. 24,3
$a\,r$ + AR = 62. 48. 10,9 . . . . . . . 62. 48. 10,9 $r$ + R = 112. 31. 41,7
R $r$ = 35. 38. 14,3
$\frac{R\,r}{2}$ = 17. 49. 7,1

4° . . . $\tan.\frac{1}{2}(Cr - CR) = \tan.\frac{1}{2}Rr.\frac{\text{sen.}(r - R)}{\text{sen.}(r + R)}$

17. 49. 7,1 ... log.tan..9.5070779

3.41. 24,3 ... log.sen..8.8086133

112. 31.41,7 ..colog.sen..0.0344734

log. tan. . 8.3501646.. $\frac{1}{2}(Cr - CR) =$ 1.16.58,7

$\frac{1}{2}Rr$ = 17.49. 7,1

$Cr =$ 16.32. 8,4 ..... $CR =$ 19. 6. 5,8

$ar =$ 58.41.17,8 | $AR =$ 4. 6.53,1

$Cr + ar =$ 75.13.26,2 | $CR + AR =$ 23.12.58,9

♈ $a =$ 13.45.56,5 | ♈ $A =$ 112.12.21,7

♈ $C =$ 88.59.22,7 . . . . . . . 88.59.22,8

5° . . . $\tan. C\varpi = \tan. r . \text{sen.} Cr = \tan. R . \text{sen.} CR$

log. tan. $r$ = 0. 2060538 — log. tan. $R$ = 0. 1454352

log. sen. $Cr$ = 9. 4542535 — log. sen. $CR$ = 9. 5148723

log. tan. $C\varpi$ = 9. 6603073 — log. tan. $C\varpi$ = 9. 6603075 ... $C\varpi$ = 24. 34. 47,5

Sarà quindi l' Ascensione retta del punto di concorso 88° 59' 22'',8 ; e la sua declinazione 24° 34' 47'',5 A.

§. 74 Il Sig. Biot ha risoluto analiticamente questo stesso problema, e coll' analisi lo ha trattato ancora il Cav. De Lambre, ma in un modo più esteso e generale. Noi abbiamo preferito il metodo trigonometrico, come il più naturale, e il più adatto all' intelligenza della Gioventù. Altro dunque non rimane che a farne la conveniente applicazione al caso nostro. Per la quale cosa converrà scegliere le stelle, i di cui movimenti siano i meglio discussi e meglio stabiliti, combinarli a binarii, e investigarne i rispettivi punti di concorso. E poichè un simile travaglio è già stato fatto dal Sig. Cacciatore, all' occasione di verificare la congettura che nel secondo Catalogo avanzata si era sul movimento del Sole dal ventre della Lepre verso la testa di Ofiuco ; noi non faremo, che quì riportare i principali de' suoi risultati.

*Ascenzioni rette e Declinazioni del punto di concorso dedotte dai movimenti delle Stelle seguenti:*

| AR. | Decl. | Nomi delle Stelle | AR. | Decl. | Nomi delle Stelle |
|---|---|---|---|---|---|
| 17. 37 | 52. 54 B | η, μ Cassiopea | 110. 26 | 47. 32 A | ϑ Orsa, A Ofiuco |
| 40. 41 | 30. 59 B | η Cass., δ Trian. | 111. 48 | 5. 10 A | e Erida., Procione |
| 48. 29 | 30. 34 A | 61 Verg., A Ofiu. | 123. 56 | 7. 12 A | e Erida., σ Drag. |
| 54. 39 | 6. 30 B | η Cass., Pollnce | 138. 17 | 63. 30 A | η Cass., 20 Mayer |
| 60. 58 | 6. 18 A | η Cass., 12 Erida. | 164. 48 | 42. 42 A | α Ariete, e Erida. |
| 61. 40 | 7. 43 A | η Cass., d Erida. | 183. 39 | 22. 22 A | α Ariete, π Canero |
| 63. 39 | 11. 35 A | η Cass., Castore | 196. 28 | 30. 8 B | τ Balena, Procio. |
| • 68. 11 | 21. 46 A | μ Cass., 61 Cigno | 198. 41 | 45. 42 A | α Ariete, 12 Erida. |
| • 71. 57 | 26. 22 A | η Cass., α Ariete | 224. 28 | 2. 11 A | Pollu. 43 Chioma |
| • 74. 43 | 30. 32 A | η Cass., γ Lepre | 224. 56 | 2. 2 A | α Ariete, Polluce |
| • 77. 2 | 29. 3 A | η Cass., g Eridano | 226. 33 | 16. 44 A | β Verg. β Cass. |
| • 78. 0 | 35. 1 A | η Cass., Procione | 228. 59 | 17. 25 A | η Cass., π Canc. |
| • 85. 37 | 28. 7 A | Procione, Wega | 240. 53 | 9. 55 A | Polluce, Wega |
| • 88. 59 | 24. 35 A | μ Cass., Procione | 246. 46 | 13. 43 B | χ Dragone Sirio |
| • 89. 33 | 25. 17 A | μ Cass., e Eridano | • 254. 18 | 29. 55 A | η Cass., τ Balena |
| 96. 43 | 51. 55 A | η Cass., Capra | • 255. 15 | 17. 18 A | Pollu., 83 Leone |
| 97. 37 | 62. 5 A | Capra., Arturo | • 256. 51 | 33. 33 A | η Cass., e Erida. |
| 101. 39 | 50. 3 A | μ Cass., Sirio | 259. 22 | 8. 34 B | ϑ Orsa, 49 Libra |
| 103. 15 | 6. 44 A | Sirio, Procione | 265. 27 | 47. 18 A | 66 Bale., 85 Pega. |
| 105. 4 | 15. 23 A | α Ariete α Tazza | 312. 57 | 51. 22 A | ζ Erco., b Aquila |
| 109. 11 | 57. 48 A | η Cassiope, Sirio | 336. 17 | 25. 4 A | γ Verg., g Erida. |

§. 75 Dalla semplice inspezione di questi risultati chiaramente ciascun vede, che tanti sono i punti di concorso, quanti sono i movimenti comparati. Da altri molti che potrei quì recare si hanno similmente punti diversi così tra di essi, come da questi. Non è stato pos-

sibile trovarne due soli che convenissero. Variando entro i limiti dell' errore probabile i movimenti delle stelle, le di cui direzioni segnate abbiamo con asterisco, per essere le meno discordanti; si è cercato, se potessero riunirsi in un punto medio, o in altro comune a tutte, ma niente si è ottenuto di plausibile e soddisfacente. Ove pertanto dir non si voglia, che o il Sole si muova a un tempo verso tutt' i punti dello spazio, o i movimenti in questione dipendano da cause, che noi pienamente ignoriamo; sarà forza confessare, che non si possono affatto considerare come semplici e pure apparenze. La quale cosa può dimostrarsi ancora co' movimenti delle Stelle doppie, come il $\gamma^1$ e $\gamma^2$ della Vergine, $\beta$ del Cigno, $o$ del Capricorno, 65 e 67 dell' Orsa, 20 e 21 Gemini e più altre. Tra queste sceglieremo le due più belle, e i di cui movimenti sono meglio conosciuti e più decisi, cioè la sessantunesima del Cigno, e Alya (*vedi secondo Catalogo ora XX. num.* 475 *e* 476, *e ora XVIII. num.* 236 e 237). Se i movimenti di queste due stelle fossero realmente semplici apparenze, in ciascuna la rispettiva distanza tra la precedente e la seguente sarebbe sempre la stessa; ma il contrario appunto è ciò che si osserva. Nella 61ª del Cigno, di cui su di una scala di 4 in 4 secondi si è segnata (*fig.* 56.) la posizione delle due stelle pel 1815, e pel 1816, indicando colle linee contenute il movimento totale, e colle tratteggiate il solo di precessione; chiaramente si vede che la seguente si è avvicinata alla precedente. La *fig.* 57 rappresenta le due posizioni di Alya nel 1760, e nel 1800, la seguente si è dunque allontanata dalla precedente.

§. 76 Le quali cose così essendo, non sembra che altrove si debba rintracciarne la causa che nelle stelle medesime. O si considerino i nostri Pianeti, che osserviamo volgersi tutt' in giro, o si consultino le leggi dell' attrazione generale, delle quali parleremo nel libro seguente;

tutto cospira a farci pensare che le stelle ancora siano in perpetuo moto, aggirandosi, o tutte intorno a un centro comune, o alcune intorno a uno, e altre intorno ad altri. Quindi, se non ostante le immense distanze loro, rendonsi pur tuttavia a noi visibili, per uguale ragione potranno rendersi a noi sensibili in tutto o in parte i movimenti che le accompagnano. Poichè se sono esse visibili, debbono avere immense moli; e immense moli in giro, suppongono e orbite immense e immense velocità; In natura tutto è con certa legge ordinato e disposto. Ma il Sole è esso ancora una stella, non diversa dalle altre, che nella sua distanza da noi: sussisterà dunque mai sempre la parallasse secolare. I movimenti che noi osserviamo dipenderanno quindi, e dai particolari delle stelle medesime, e dalla giacitura delle orbite loro rispetto alla nostra, e finalmente dal moto di traslazione dell'intero sistema solare. Quale chaos pertanto, quale complicazione di movimenti, che niuno mai potrà separare e distinguere! Contentiamoci dunque di raccogliere dei fatti, verificarli, discuterli, confermarli con sempre nuove osservazioni, e guardiamoci dall'azzardare congetture o formare sistemi, i quali generalmente non servono che a ritardare i progressi delle cognizioni medesime, che vogliosi promovere. Così pensai la prima volta che mi posi a esaminare questo argomento, e così conchiusi una mia *Memoria su i movimenti delle stelle*, inserita nel primo volume dell'Istituto Italiano; ma abbagliato in seguito da alcune apparenze, nella prefazione al Catalogo del 1814 avanzai la congettura sopra accennata sulla direzione del moto di traslazione del Sole, che più maturamente considerata, riconobbi priva di fondamento.

## ARTICOLO VII.

### *Posizioni medie delle Stelle, o Cataloghi.*

§. 77 Le posizioni medie delle Stelle, sia in AR e in declinazione, sia in longitudine e in latitudine, soglionsi comprendere sotto la denominazione generale di *Cataloghi di Stelle*, e sono la parte più essenziale dell' Astronomia. Per essi soli possiamo noi conoscere e determinare, non meno i movimenti proprii de' corpi del nostro sistema, che le variazioni, cui va soggetto tutto il cielo. Di questa verità, sebbene in ogni tempo conosciuta, non prima di Flamstedio se ne vide tutta l' estensione. Oggi non vi ha chi non sappia, che i cataloghi sono le basi, su cui poggia l' intero edifizio dell' Astronomia, e che i progressi di questa debbonsi in gran parte alla perfezione di quelli. E' quindi della massima importanza che spesso ne vengano formati dei nuovi, e si conoscano quelli che già abbiamo. Si è spiegato nel libro II. per quale maniera si possano comparare le Stelle col Sole e tra di esse, onde stabilirne le loro AR colla maggiore possibile precisione, si è indicato ancora quanto conviensi riguardo alle declinazioni. Altro quindi non rimane che a dare un idea di quanto finora si è fatto su questo argomento.

§. 78 Il primo Catalogo, che per avventura sia stato fatto, o di cui almeno si conservi memoria, si deve a Ipparco, che su di un gran numero di osservazioni proprie lo dispose e ordinò per l' anno circa 130 avanti G. C., e quale tesoro, come Plinio attesta, legollo in testamento alla posterità. Trascorsi 267 anni nella stessa scuola di Alessandria, e munito degli stessi stromenti co' quali osservato aveva Ipparco, un altro ne compilò o formò Tolomeo; e questo solo (a gran danno dell' Astronomia perduto il primo) è venuto a noi coll' Almagesto.

La sua epoca è l'anno 137 dell'era nostra, e contiene 1022 stelle, divise in 48 costellazioni, e determinate per longitudini e latitudini. Se Tolomeo abbia osservate tutte queste stelle, o alcune solamente egli nol dice; e questo suo silenzio, quando mancasse ogni altro argomento, sarebbe di non lieve indizio che la più gran parte tolte le avesse da Ipparco. Ma oggi, che è ben conosciuta la quantità media della precessione, ciocchè altronde non sarebbe stato che un dubbio, si è per questa parte convertito pressochè in evidenza. Tolomeo o comparando le sue osservazioni con quelle d'Ipparco, o per altra via, aveva stabilita la precessione media di un grado in cento anni, e in 267, intervallo tra lui e Ipparco, di 2° 40', cioè di 57' minore della vera, chè è 3° 37'. Ciò premesso è facile a riconoscere che Tolomeo altro non fece che aggiugnere 2° 40' alle longitudini del Catalogo d'Ipparco, persuaso, che così ridotto, dovesse rappresentare lo stato del cielo per l'epoca da lui stabilita. In fatti, tolti 2° 40' dalle longitudini di Tolomeo, onde ridurle, secondo Tolomeo stesso, all'epoca d'Ipparco, e comparate le une e le altre col Catalogo a cagion di esempio di Flamstedio; le differenze osservate con Ipparco trovansi prossimamente uguali alle calcolate, maggiori con Tolomeo; ed uguali con Tolomeo ancora, se alle longitudini d'Ipparco si aggiungano 3° 37' a fine di ridurle all'epoca di Tolomeo, secondo la giusta quantità della precessione. Sembra pertanto abbastanza chiaro, primo, che il Catalogo di Tolomeo è propriamente quello d'Ipparco viziato con una precessione erronea, a correggere la quale, e per quanto è permesso restituire il Catalogo stesso nella sua integrità e primo stato, conviene togliere da ciascuna longitudine di Tolomeo 2° 40'. Secondo, che Tolomeo o affatto non osservò, o assai malamente, risultando di un grado circa in meno l'errore, cui anderebbero soggette le sue longitudini.

§. 79 Gli Arabi che successero ai Greci nello studio dell' Astronomia, ebbero in sì alta venerazione l' Almagesto e il Catalogo in esso contenuto, che non vi fu chi osasse toccarvi fino a Ulugh Beigh, Principe Tartaro. Questi avendo formato un grande Osservatorio in Sarmacanda, luogo di sua residenza, e volendosi giovare delle posizioni delle stelle, sulle traccie di Tolomeo, stabilite e calcolate pel suo tempo da Abderamen Alsuphi, ben tosto ne vide l' erroneità. S' accinse quindi a dare una nuova descrizione del cielo, e in breve sulle proprie osservazioni la condusse a termine. In questo Catalogo, la di cui epoca è l' anno 481 dell' Egira, o 1437 del Era nostra, vi sono raccolte pressochè tutte le stelle di Tolomeo, riferite come da Tolomeo all' ecclittica. In Europa però generalmente non si conobbe prima dell' anno 1665, in cui per opera di Tomaso Hyde, che avealo diligentemente collazionato con tre MS. persiani, venne pubblicato in Oxford.

§. 80 In Europa non prima del Secolo XVI. si osò por mano alla riforma del Catalogo di Tolomeo. Ticone in Uraniburgo, piccola Isoletta della Danimarca, che da Ticone stesso ebbe sì chiaro nome, e il Langravio di Assia in Cassel intrapresero contemporaneamente sì interessante lavoro. Il Catalogo del Langravio è pel 1594, e pel 1601 quello di Ticone; in entrambi le stelle sono riferite all' ecclittica, ma il primo non ne contiene che 400 circa, e da mille il secondo, nell' osservare le quali, Ticone, come egli stesso scrive, v' impiegò da venti anni. *In hoc arduo opere pene viginti laboravimus annis.* Non molto dopo Giovanni Evelio, diligentissimo osservatore, concepì il progetto di una nuova descrizione del cielo. L' intraprese e felicemente compilla; ma non ebbe la soddisfazione di vederla pubblicata, avendo cessato di vivere poco dopo che vi aveva posta l' ultima mano. Evelio intitolò questo suo gran travaglio a Giovanni Sobieski,

e quindi chiamollo *Coelum Sobieskianum* : vi sono in esso le longitudini e latitudini, le AR e le declinazioni di 1888 stelle per l' anno 1601 . A questi Cataloghi si potrebbe aggiugnere quello del Riccioli di 1700 stelle pel 1701, ma questo deve piutosto riguardarsi come una compilazione di ciò che dagli altri fatto si era, che come un nuovo Catalogo .

§. 81 I Cataloghi fin quì riferiti abbracciano quanto si fece e quanto si seppe intorno alle stelle dalle Armille di Alessandria all' invenzione de' cannocchiali. Flamstedio ha raccolti tutti questi diversi travagli , e nel terzo tomo della sua storia celeste ha unito il Tolemaico a quello di Ulugh Beigh , il Langraviano al Ticonico , e collocato da se quello di Evelio . O si considerino gli stromenti co' quali essi furono fatti , o le cognizioni che in que' tempi si avevano , o i metodi che si tenevano nell' osservare ; tutto ci dimostra che non dobbiamo lusingarci di molta esattezza e precisione . Egli è vero che Ticone si persuadeva che le sue osservazioni fossero sicure entro i limiti di mezzo minuto, e meno incerte ancora sosteneva Evelio che fossero le sue . Ma essi non conobbero che imperfettamente così le rifrazioni, come le parallassi de' Pianeti a cui riferivano le stelle , nè in fine furono in grado di distinguere e valutare tutt' i difetti de' loro stromenti . Ond' è , che se per una parte non può loro negarsi una decisa superiorità sopra gli altri , non lasciano per l' altra di andar tuttavia soggetti all' incertezza di sei , sette e talvolta più minuti ancora . Ma qualunque esse si siano le imperfezioni e di quelli e degli altri , purnondimeno si dovranno tener sempre in sommo pregio , quali preziosi materiali , che hanno giovato , e potranno tornare a giovare ai progressi dell' Astronomia .

§. 82 Verso la metà del Secolo XVII. ai traguardi sostituiti i cannocchiali , e introdotto l' uso de' pendoli a secondi , tosto si vide la necessità di stabilire con questi

nuovi organi nuove basi, sù cui ricostrurre l'intero edifizio dell' Astronomia. Halley a questo oggetto recossi in Danzica nella speranza di determinare Evelio a opera sì grande e sì necessaria, ma quegli troppo sentiva il peso degli anni per intraprendere altri travagli e rinunciare a quelli, che tante fatiche costati gli erano. Halley si volse quindi a Flamstedio suo amico e compagno, e questi tutto vi si consacrò; prima in Darby, poi in Londra, e finalmente nell' Osservatorio di Greenwich, ove pose l' ultima mano al suo gran Catalogo di tre mila e più stelle. Non è da credersi con quanta stima, al suo primo apparire, fosse ricevuto questo nuovo Catalogo, e quanta ammirazione eccitasse! Per quasi un secolo intero fu il solo di cui si giovarono gli Astronomi ne' loro calcoli e nelle loro osservazioni. A conoscerne pienamente il merito vuolsi consultare la Storia celeste dell' autore, in cui sono riportate le sue osservazioni, descritti gli stromenti, accennate le fatiche sostenute, e indicati i metodi di osservare. Di questa grande opera Halley ne diede nel 1712 una prima edizione; ma con poca soddisfazione di Flamstedio, che ancora recata non l' aveva a quel grado di ripulimento, che proposto si era: nel 1725 poi, Flamstedio avendo già cessato di vivere, sull' originale da lui lasciato ne fu fatta una seconda edizione. L' epoca del Catalogo di Flamstedio è l' anno di G. C. 1690. In esso le stelle sono riferite all' equatore; e questo metodo, il più comodo e il più facile, d' indi in poi è stato abbracciato e costantamente seguito dagli Astronomi.

§. 83 Ma Flamstedio ignorava e l' aberrazione della luce e la nutazione dell' asse terrestre, nè abbastanza conosceva le rifrazioni; e gli stromenti de' quali era provveduto, sebbene di lunga mano superiori agli antichi, addimandavano pur nondimeno che le arti fossero recate a maggior perfezione. Fatti pertanto dall' Astronomia que-

sti nuovi essenziali acquisti, lo che non avvenne che circa mezzo secolo dopo la di lui morte, Bradley in Inghilterra, La Caille in Francia, Tobia Mayer in Germania, e Zanotti in Italia intrapresero la formazione di nuovi Cataloghi. Bradley per ben due volte riosservò tutte le stelle di Flamstedio, ma rapito da immatura morte, ne' suoi M. S. non si trovarono che 300 stelle circa, delle quali ne avesse calcolate le AR e le Declinazioni. Queste sole si conobbero dagli Astronomi sino all' anno 1798 in cui finalmente per opera del Dottor Hovnsby si pubblicarono in Oxford tutte le di lui osservazioni, raccolte in due gran volumi in foglio. Maggiori furono i travagli di La Caille. Nel 1757 nella sua opera *Astronomiæ fundamenta* diede le posizioni di 397 stelle da lui determinate in Parigi per mezzo delle distanze dal vertice e delle altezze corrispondenti, metodo riguardo alle AR il più laborioso, e riconosciuto poi di non molta precisione. Al capo di Buonasperanza, ove il trasse il suo gran zelo per l' Astronomia, nel corso di meno di due anni osservò da diecimila stelle; di più di mille delle quali al suo ritorno ne pubblicò le AR e le Declinazioni pel 1750. Finalmente dal 1760 al 1761 con nuovo ardore intraprese la descrizione delle stelle Zodiacali, e sventuratamente questo nuovo travaglio tolse all' Astronomia si gran uomo nell' età ancor fresca di anni quarantanove. Ma le osservazioni che fatte aveva non furono perdute: Bailly le calcolò, e pubblicolle nella Conoscenza de' tempi del 1765 col titolo. *Catalogue de* 515 *etoiles zodiacales observées par M. l' Abbè La Caille*. Tobia Mayer, intento principalmente a riformare le tavole della luna, le sole stelle zodiacali prese in considerazione, di circa mille delle quali in due anni ne determinò in Gottinga le Declinazioni e le AR pel 1756, e vittima anch' egli de' suoi travagli, immaturamente cessò di vivere. Il suo Catalogo non fu pubblicato che nel 1775

da Cristoforo Lichtenberg. Zanotti non fu in grado di osservare egli stesso, nè altro fece che riportare nelle sue effemeridi i risultati delle osservazioni di due de' suoi Allievi, Matteucci e Brunelli. Se questi sommi uomini fossero stati provveduti di stromenti di uguale perfezione, di uguale peso sarebbero le loro osservazioni; ma La Caille non ne ebbe mai che di assai mediocri; mentre quei di Bradley e Mayer furono de' migliori, che si facessero al loro tempo. Nientedimeno tra le posizioni di La Caille se ne incontrano alcune non inferiori a quelle degli altri due, tra i quali, non vi ha dubbio che la preferenza debbasi al Bradley, ch' ebbe maggiori comodi e più lungamente osservò.

§. 84 Qualunque però si fosse il merito de' summentovati Cataloghi, essi non contenevano nè un numero di stelle corrispondente all' oggetto e grandezza dell' Astronomia, nè potevano lungamente giovare, ove con nuove osservazioni non venissero di tratto in tratto verificati e corretti. Da quell' epoca in poi e l' una e l' altra di queste cose è stata da diversi Astronomi con molto zelo abbracciata e promossa; per lo che, e migliorate si sono le posizioni delle stelle che già si conoscevano, e determinate quelle di molte altre, che non erano state osservate ancora. Maskelyne a Greenwich si accinse a esaminare e nuovamente stabilire le posizioni delle 34 stelle, che Bradley, suo predecessore, preso aveva per termini generali di comparazione di tutte le sue Ascensioni rette, e dal 1765 al 1769 senza intermissione applicatosi a questo travaglio, fu in grado nel 1770 di presentare agli Astronomi un nuovo, comunque piccolo, ma preziosissimo Catalogo delle AR e delle Declinanioni di 34 stelle, le stesse del Bradley. Queste medesime ha proseguito per l' intero corso di sua vita a osservare in ogn' anno, comparando le nuove posizioni colle precedenti, e facendo a queste le correzioni indicate da quelle. Per la qua-

le cosa questo suo Catalogo è stato fino al 1805 di guida e norma a tutti gli Astronomi, che di esso serviti si sono, come di pietra di paragone, onde giudicare le loro osservazioni proprie, e secondo quello correggerle, o rettificarle. Alquanto tempo dopo, il Cavaliere De Lambre a Parigi, e il Barone Zach a Gotha intrapresero la verificazione delle principali stelle de' Cataloghi di Flamstedio e La Caille: dei travagli di De Lambre finora non ne è stata pubblicata che una piccola parte, e di quelli di Zach, altri trovansi inseriti in fine della prima edizione delle sue tavole solari, e altri nell' opera più volte citata *Tabulae Speciales ec.* Questi due Astronomi però ebbero principalmente in considerazione le Ascensioni rette, come le più soggette a errore, e le più necessarie ne' calcoli delle osservazioni della Luna e de' Pianeti. Rimanevano pertanto a verificarsi le declinazioni, e rimanevano da osservarsi molte stelle di 6.ª grandezza, e più e più altre di 7.ª e di 8.ª, che trascurate si erano e da Flamstedio e dagli altri Astronomi dopo di lui. A riempire questo voto ci applicammo quasi contemporaneamente il Sig. Le Francais - Lalande in Parigi, i Signori Henry e Barry a Manheim, il Sig. Cagnoli a Verona, ed io in Palermo. Le Francais - Lalande con un gran quadrante murale di Bird osservò da circa 50 mila stelle boreali, di due mila delle quali a diverse riprese ne ha già date le posizioni ne' diversi volumi della *Conoscenza de' tempi* di Parigi. Le declinazioni osservate dai Signori Barry e Henry, che passano le due mila, sono state dal Barone Zach inserite nella sua opera *Tabulae Speciales*. Il Sig. Cagnoli si è occupato insieme e delle declinazioni e delle Ascensioni rette, ma non ha osservato che cinquecento delle principali stelle. Il suo Cataloghetto è stato pubblicato nel volume X. degli *atti della Società Italiana*. Le mie osservazioni ebbero cominciamento nel 1791, ma essendomi proposto di verificare tutte le

stelle riportate dal Wollaston nella sua raccolta de' Cataloghi, e visibili su di questo Orizzonte, nè ciò con una sola osservazione, ma con più e più; solo nel 1803 fui in grado di pubblicarne i risultati col titolo *Stellarum inerrantium positiones mediae ineunte Saeculo XIX.* Questo Catalogo contiene le Ascensioni rette, e le declinazioni di 6748 stelle colle differenze con Flamstedio, La Caille, e Mayer. Qualunque però si fosse la diligenza da me usata, conobbi ben presto che alcune stelle del Wollaston mi erano sfuggite, che altre non erano ben determinate, e in generale che le 34 stelle del Maskelyne, alle quali aveva riferito le mie Ascensioni rette, vuopo era che si richiamassero a particolare esame, comparandole direttamente col Sole. Mi decisi quindi a riosservare tutte le stelle, che già osservate aveva; stabilire le Ascensioni rette di quelle che doveano servire di confronto, direttamente col Sole; ripetere tutt' i calcoli precedenti, compararli coi nuovi, e i risultati degli uni e degli altri con quelli degli altri Astronomi. Abbracciai sì ardua impresa secondato e sostenuto dal mio Assistente Sig. Cacciatore, che tutta v' impiegò l' opera sua nelle osservazioni non meno che ne' calcoli. Pertanto nel 1806 pubblicai nel sesto libro di questo Osservatorio due Cataloghetti, uno di 100, e l' altro di 120 stelle comparate direttamente col Sole, e destinate a servirmi di termini di confronto per le Ascensioni rette delle altre stelle, e finalmente nel 1814 avendo compito il lavoro che mi era proposto, lo resi pubblico colle stampe. In esso il numero delle stelle è portato a 7646, e, come nel primo, pel 1800, epoca intermedia delle mie osservazioni, atto perciò a presentare lo stato del cielo pel principio del Secolo XIX.

§. 85 Quanto siamo venuti discorrendo in questo articolo abbraccia ciò che di più interessante finora si è fatto intorno alle posizioni medie delle stelle. I Cataloghi

di Evelio, e Flamstedio, La Caille, Mayer e Bradley sono stati raccolti e disposti pel 1790, così rispetto alle distanze polari, come rispetto alle Ascensioni rette dal Sig. Wollaston nella sua opera *A Specimen of a General Astronomical Catalogue London* 1789. Non molto dopo il Sig. Bode ha pubblicata un opera simile in tedesco e francese col titolo *Description et Connoissance générale des Constellations*. Vi sono in essa le Ascensioni rette e le declinazioni pel 1801 di 17240 stelle, doppie, nebulose e aggregati di stelle, disposte per costellazioni; lo che rende l' uso di questa opera imbarazzante e incomodo; essendo necessario di conoscere la costellazione, a cui appartiene la stella, di cui si cerca la posizione. Rimane finalmente che si accennino le diverse carte celesti, che immaginate si sono a rendere più facile lo studio del Cielo. Bayero, Evelio, Flamstedio, Giulio Schillero, e Doppel Mayer, ne hanno ciascuno, formate delle particolari, e sù principj diversi. Le carte di Bayero e di Evelio non lasciano di essere pregiate dagli Astronomi, ma l' Atlante di Flamstedio in 28 gran fogli è sempre stato riconosciuto pel travaglio meglio inteso, e di uso più facile. Il medesimo è stato ridotto in piccolo, primo da Fortin, e poi da Bode, ed entrambi sono comodissimi. Un altro Atlante su i principj di Flamstedio non ha molt' anni ne ha pubblicato in Berlino il Sig. Bode. Questo è il più completo che oggi si abbia, essendovi in esso tutte le costellazioni antiche e moderne, le principali nebulose, i nomi arabi delle principali stelle, e un gran numero di stelle nuove.

## ARTICOLO VIII.

### *Caratteri diversi delle Stelle.*

§. 86 I caratteri che proprj sono di tutte le stelle, o particolari di alcune si possono ridurre ai seguenti: 1° Natura della luce. 2° Scintillazione. 3° Colori. 4° Variazione di luce. 5° Diametri. 6° Numero. 7° Apparizione e disparizione di alcune. 8° Risoluzione di altre in doppie. 9° Nebulosità. Intorno a queste cose più congetture si sono avanzate, e più spiegazioni si sono immaginate dagli Astronomi: quì però sarà bastevole accennare brevemente quel poco che può dirsi con maggiore sicurezza.

§. 87. 1° Considerata l'immenza distanza in cui sono le stelle da noi egli è facile ad intendere, che non possono risplendere che per una luce, che sia loro propria, e non mai per quella del Sole, siccome avviene dei Pianeti. La qual cosa si rende similmente manifesta, tra loro comparando i raggi che a noi vengono dalle stelle cogli altri che riceviamo dai Pianeti. Poichè senza difficoltà si riconosce in quelli una vibrazione assai maggiore che non appaja in questi, e tanto più grande quanto è maggiore la copia di luce che le particolari stelle ci trasmettono. Ora non sembra che altronde si possa ripetere una tal differenza, se non se dall' essere diretti gli uni e riflessi gli altri; il raggio diretto avendo sempre una forza maggiore del riflesso. Se pertanto hanno in se le stelle la sorgente della loro luce, e per analogia vogliamo noi argomentare sulla natura delle medesime; dobbiamo conchiudere che sono esse altretanti corpi più o meno ardenti, non altrimenti che quelli che bruciano sulla nostra terra.

§. 88. 2° La *Scintillazione* o specie di tremore che si osserva nelle stelle, devesi e alla picciolezza de' loro diametri, e alla natura dell' atmosfera nostra. I raggi di

luce che passano per essa, piegandosi e in vario guise ripiegandosi sempre, non pingono mai negli stessi luoghi le stesse parti dell' oggetto raggiante. Se desso non sia dunque che un punto, apparirà come se fosse in uno stato di perenne trepidazione; e così debbono apparire le stelle, che non sono rispetto a noi che a guisa di punti, che spandono per ogn' intorno copia immensa di raggi. Per la qual cosa non deve recar maraviglia se la scintillazione generalmente sia maggiore in tempo di giorno, minore in tempo di notte; e cresca, crescendo l' agitazione dell' atmosfera per vento o altra causa. Quì in Sicilia lo Scirocco cagiona il massimo tremore, e forma una specie di corona intorno alle stelle, che in esse si manifesta 24 ore prima che si renda sensibile ai nostri corpi. Spirando questo vento non è possibile di osservare. Poichè, se i Cannocchiali, intercettando i raggi più lontani e rimendo i più vicini, per questa parte diminuiscono alquanto il tremore, l' aumentano assai più per l' altra che dipende dalla loro forza amplificativa. Nel caso di qualche osservazione particolare, che non possa rimettersi ad altro tempo, l' uso de' diafragmi potrà essere di qualche giovamento.

§. 89. 3° Dal diverso grado d' infiammazione dipendono i varj colori. Così il colore argenteo di Sirio, di Wega, e della maggior parte delle altre stelle dalla prima alla sesta grandezza, è un ben chiaro indizio che l' infiammazione è in esse al sommo grado. Giacchè, siccome riflette Michel, i fuochi nostri più attivi sono quelli che spandono sempre una più bianca luce. In Antares, in Aldebaram, ed in più altre, i di cui colori sono più tosto rosseggianti, minore deve dirsi l' intensità del fuoco; e minore ancora in quelle che presentano una tinta di un rosso fosco e debole; della qual specie La Lande ne ha contate 33 tutte tra la 7ª e l' 8ª grandezza. La combustione è per avventura nel principio o nella fi-

ne ; e perciò meritano di essere sovente osservate , e sempre descritte con diligenza . Forse avverrà che da noi o dall'età future vi si riconoscano delle variazioni, ma quando anche si conservassero sempre le medesime, non sarebbe ciò un bastevole argomento contro la nostra ipotesi . Conciosiachè , che sono mai le nostre epoche , le stesse di più lunga durata in paragone del tempo necessario , perchè in sì prodigiose moli il fuoco si propaghi , o si diminuisca in un modo a noi sensibile ?

§. 90. 4° L'apparizione di nuove stelle , e la successiva disparizione loro , non altrimenti che la disparizione di più altre per lungo tempo vedute , ben ci fa conoscere , che siccome non è della natura dei corpi terrestri in fuoco di ardere sempre ; così lo stesso deve dirsi di quanti altri mai sparsi sono nell' immensità dello spazio . Nel maggior numero continua il fuoco a conservarsi tuttora in maggiore o minor vigore ; in altri è già spento , in alcuni come si accende tosto si estingue , in assai ed assai molti non ha per avventura preso ancora . Qualunque sia la causa di tai fatti e vicende , che noi non sapremo mai , non si possono essi certamente richiamare in dubbio . Tra le stelle nuovamente apparse indi sparite la più famosa si è quella del 1572 , la quale d' improviso si vide nella costellazione di Cassiopea ; e si vide per ben sedici mesi , senza che mutasse di luogo , nè vi si potesse riconoscere parallasse alcuna . Essa non aveva nè barba , nè coda , nè capigliatura siccome il maggior numero delle Comete , ma brillava al par di Sirio , di Wega e delle altre più belle stelle , che tutte sorpassava in grandezza e splendore . La vivacità di sua luce non si conservò però sempre la stessa non altrimenti che la sua grandezza . Si osservò sensibilmente diminuire , il suo colore divenne simile a quello di Marte , indi prese una tinta pallida , che ritenne sino alla sua totale disparizione . Un' altra poco dissimile fu osservata nel Serpentario nel

1604. Nel principio vi si distinguevano tutt' i colori che presenta un diamante tagliato a faccie ed esposto al Sole; ma ben tosto mutò di luce, colore e grandezza nella guisa a un di presso della precedente. Nel 1606 cessò interamente di vedersi. Più altre ne sono ricordate da diversi Astronomi, le quali però appartenendo ai tempi oscuri dell' Astronomia possono benissimo non essere state che semplici comete. Per poco ora che si rifletta sulla storia della prima, la meglio osservata e meglio descritta, si trovano nella sua disparizione tutti li caratteri di un fuoco per gradi estinto: che se lo stesso non può dirsi della sua apparizione, non essendosi cominciato a vederla che nel suo più gran lustro, ciò, a creder mio, dee essere avvenuto perchè al principio si confuse colle altre stelle, nè si distinse che quando colla sua gran luce tutte le sorpassava.

§. 91. 5° La periodica variazione di luce, a cui vanno soggette parecchie stelle, può similmente spiegarsi nella supposizione nostra. Non più di dieci sono quelle che presentano un tale fenomeno, sebbene si sospetti lo stesso in più altre. Le principali sono Algol, e la variabile della Balena. Il periodo della prima è di due giorni ed ore 21 circa, e di 334 giorni l' altro della seconda. Può pertanto benissimo accadere che queste stelle non siano egualmente accese in tutte le loro parti, e che quindi girando esse su i loro assi cagionino le variazioni periodiche di luce e grandezza, che da noi si osservano. Maupertuis avendo dimostrato che la rotazione di un astro sul proprio asse può indurre uno schiacciamento sulla sua massa, si è avvisato di quindi inferirne la spiegazione del fenomeno, di cui si tratta. Noi però non conosciamo affatto la figura de' corpi siderei, lo che lascia un vastissimo campo alle congetture. Se intorno ad alcuna stella, il di cui globo sii molto allungato, giri qualche gran Pianeta in un' orbita molto eccentrica, l' attrazione del

Pianeta verso la stella farà piegare l' equatore di questa, ed essa potrà apparirci più o meno luminosa. Quindi un astro che da noi non si vedeva, perchè non era esposto alla terra che di lato, potrà rendersi a noi visibile, presentandoci il suo disco; e reciprocamente una stella a noi visibile potrà sottrarsi ai nostri sguardi per la ragione opposta. La sfera delle congetture e del possibile non conosce confini.

§. 92. 6° Da quanto sin quì si è detto parrebbe, che i diametri apparenti esser dovessero di una grandezza poco minore di quanto dall' occhio nudo sono essi giudicati. Così di fatto si pensò sino alla scoperta de' Cannocchiali. Keplero supponeva di 4' il diametro di Sirio, ed a proporzione quelli delle altre stelle. Cassini con un Cannocchiale di mediocre forza ne riconobbe ben tosto l' errore: egli ridusse il diametro di Sirio a soli 2", e nondimeno vi diede assai più che non si conveniva. Oggigiorno è dimostrato che quattro stelle di prima grandezza, Regolo, Aldebaram, la Spica, e Antares non hanno 1" di diametro. Poicchè, quando queste stelle sono ecclissate dalla Luna, essa non impiega 2" di tempo ad occultarle intieramente, e tanto dovrebbe pure impiegarvi se le stelle avessero 1" di diametro, facendo la medesima 1" di arco in 2" di tempo. Herschel con un buon Telescopio è giunto a ridurre quello della Lira a meno di 1", e forse potrà maggiormente diminuirsi. Se il diametro apparente delle stelle fosse di 1", e di 1" la loro parallasse annua, il diametro reale delle medesime uguaglierebbe il semidiametro del nostro grand' Orbe. Ma la parallasse può esser maggiore del diametro, perciò niente può quindi conchiudersi.

§. 92. 7° La picciolezza de' diametri apparenti delle stelle ben può dirsi compensata dal prodigioso loro numero. Poicchè s' è difficile assegnare i limiti di quelli, pressochè impossibile sarà sempre prescriverli a questo.

Ad occhio nudo, non v' ha dubbio, noi non scopriamo che poche migliaja di stelle; ma tosto che si prende tra le mani qualunque de' più ordinarj Telescopj, crescono esse a dismisura, e se ne veggono in ogni parte del Cielo: che se il Telescopio sia di particolare bontà e molta forza, la nostra immaginazione ne rimane sopraffatta. Herschel nel picciolo campo di soli 10' ha contate ben 50 stelle intorno ad Aldebaram, e in un quarto di ora in una zona non più che di due gradi ne ha veduto 116000. Supposto che siano egualmente sparse per tutto il Cielo, secondo quest' osservazione ve ne sarebbero più di 100 milioni. Ma la sola Via Lattea ne abbraccia mille volte più che non ve ne siano nelle altre parti insieme. Più si aumenta la forza de' Telescopj, il numero delle stelle sempre maggiormente cresce. Pur nondimeno il nostro pensiere oltrepassa questi confini, vede sempre nuovi mondi, ne cerca i termini, ma li cerca invano.

§. 93. 8° In questo immenso numero di stelle se ne incontrano diverse, le quali osservate per mezzo de' Telescopj si vedono divise in due in tre ed anche in più. Tali sono γ Ariete, Castore, α Ercole, γ Vergine, α Centauro ed altre non poche. Herschel ne ha esaminate e descritte 700 e più, le quali ha distinte in cinque classi. La prima ne contiene 97, e sono le più difficili a separarsi e scomporsi: nella seconda ripone le altre che presentano una minore difficoltà, e così via via ordinatamente giugne alla quinta. In quest' ultima però ve ne sono parecchie, le quali impropriamente si danno per doppie o triple ec. Giacchè, non è già che siano più stelle tra esse sì vicine che all' occhio nudo o in un' ordinario Cannocchiale non ne presentino insieme che una sola; ma alcune quantunque lontane di più di un minuto, essendo picciolissime non si possono distinguere che con Telescopj di molta forza. Queste stelle io non soglio chiamarle doppie, ma *compagne* delle grandi, in poca distanza delle

quali esse si trovano. Le stelle doppie meritano tutta l' attenzione degli Astronomi, così per l' uso che potrebbe farsi di esse nella ricerca della parallasse; siccome ancora per varie curiose osservazioni che trovansi riportate da diversi Astronomi su le medesime, e intorno alle quali vi rimane molta incertezza. Al dire di Bianchini ζ della Lira è doppia, e la più meridionale si divide talvolta in due. Secondo Gregory la stella che giace nel mezzo della spada di Orione, e similmente alcune altre delle Plejadi appajono talora e doppie e triple. Ad altri è sembrato di vedere una specie di Pianeti intorno a diverse stelle, ed uno in particolare intorno a Rigel si è detto esserne stato ravvisato dal Sig. Herschel. Cristiano Mayer, già Direttore dell' Osservatorio di Manheim, annunziò positivamente, che le stelle doppie, osservate in varie epoche, dai tempi di Flamstedio ai nostri, cambiato avevano e in ARta, e in Declinazione. Gli parve ancora, che le stelle, che giacciono nella parte Australe del Cielo, generalmente fossero accompagnate da piccole stelluccie, che ne fossero a guisa di satelliti. Ma niente di ciò è stato da altri osservato ancora.

§. 94. 9° Oltre le stelle doppie vogliensi similmente distinguere le Nebulose, le quali altro non sono che certe macchie di bianca luce, sparse in diverse parti del Cielo. Herschel ne ha numerate sino a 2000, disposte per la maggior parte in una specie di zona che abbraccia tutto il Cielo. Alcune veggonsi ad occhio nudo, ma sono ben poche; generalmente non si possono ravvisare che col soccorso dei Telescopj. Si dividono esse in tre classi, cioè 1° in nebulose propriamente dette, ed in queste, comunque si aumenti la forza de' Telescopj, non vi si distingue stella alcuna. 2° in nebulose framiste di picciole stelluccie. 3° in nebulose, le quali si risolvono in semplici stelle, spogliate da ogn' altra luce. La *nebulosa* che giace nella cintura di Andromeda, e che si vede anche

ad occhio nudo, è la più bella tra quelle della prima specie. Ha la forma di due coni rovesciati, e riuniti per le loro basi: co' migliori Cannocchiali alcuno non è giunto ancora a distinguervi la più piccola stella (*fig.* 58). Altra assai bella e della stessa specie, ma che non può distinguersi che con i Cannocchiali, si osserva vicino all' orecchio occidentale dell' Aquario. E' di figura circolare, e nel centro più luminosa che nella circonferenza (*fig.* 60).

Appartiene alla seconda specie la bella macchia che si vede tra l' arco del Sagittario e il piede orientale di Ofiuco. Con mediocri Cannocchiali ancora si distingue in essa un gran numero di stelluccie come sparse su di un bianco velo (*fig.* 59). E' della terza specie la nebulosa vicina a $\sigma$ Cocchiere. Questa, a differenza delle altre, si risolve in pure stelle, che hanno la forma di un quadratello (*fig.* 61). Ma perciò è necessario un eccellente Telescopio. Niuno al pari di Herschel ha esaminato, e con maggiore diligenza descritte le nebulose. Co' suoi grandi Telescopj è stato in grado di osservarne molte e molte invisibili a tutti gli altri Astronomi. In queste gli è parso di riconoscere i primi germi delle Comete e de' Pianeti. Dice egli che sono a guisa di tenuissime nuvolette, sparse di punti, intorno ai quali, come centri, vanno mano a mano a riunirsi le altre parti; e crescendo la condensazione, ne sorgono in fine de' corpi, che possono offrirsi ai nostri sguardi sotto le forme di Pianeti o di Comete.

§. 95 La Via Lattea si può risguardare come una gran nebulosa, avvolta intorno al Cielo in forma di cintura. E' oggigiorno opinione generale che essa altro non sia che l' effetto della confusa mista luce di un immenso numero di stelle; opinione che diviene evidenza di fatto, quando si abbia la sorte di possedere un Telescopio di gran forza, e gran luce, siccome sono quelli di venti piedi di Herschel. Della qual cosa, la notte

de' 4 Novembre 1787 essendo io a Slough in casa del detto Astronomo, ebbi la sodisfazione di assicurarmene cogli occhi miei proprj. Era la Luna sotto l'orizzonte, il Cielo sereno, e l'aere tranquillo; vedevasi quindi la Galazia colla maggiore precisione e nettezza. Vi diresse Herschel il suo Telescopio di 20 piedi di lunghezza focale, e 18 ½ pollici di apertura, ed a quella parte precisamente appuntollo, che giace tra Perseo e Cassiopea. Io vi portai l'occhio immantinenti, ed oh! quale si fu la mia sorpresa allora che alla pallida bianca luce, propria di quella parte del Cielo, succeder vidi un prodigioso immenso numero di stelle scintillanti e distinte, su di un bellissimo azurro cielo sparse e seminate. Dubitai da prima che o il Telescopio fosse stato rimosso dalla sua prima posizione, o vi fosse qualche ottica illusione. Tolsi quindi e riportai più volte l'occhio al Telescopio, ma lo spettacolo rimase sempre il medesimo.

§. 96 A compimento di quanto risguarda le stelle soggiungo la tavola che si dà dal Sig. La Lande (*conoscensa de' tempi an. XV. pag.* 383) sul rapporto dell' apertura della pupilla dell' occhio o del Cannocchiale, colla visibilità delle stelle così di notte come di giorno.

| | *Pol.Ing.* | | *Grand.* |
|---|---|---|---|
| Con un Telescopio la cui apertura sia di . . . . . | 2,84<br>1,42<br>0,71<br>0,35 | In tempo di notte si possono vedere inclusivamente le stelle di . . . . . . . | 10.ª<br>9.ª<br>7.ª<br>6.ª |
| Di notte, un occhio la cui pupilla abbia l'apertura di | 0,18 | A stento può vedere le stelle di . . . . . . . . . . . | 6.ª |
| E riducendo per mezzo dei diafragmi l'apertura della pupilla a . . . . . . . . . | 0,090<br>0,045<br>0,022<br>0,011<br>0,006 | Non si possono vedere che le stelle di . . . . . . . . . | 5.ª<br>4.ª<br>3.ª<br>2.ª<br>1.ª |
| In tempo di giorno, essendo il Sole alto su l'orizzonte di 30° a 70° con un Telescopio la cui apertura sia . . . . . . . | 0,44<br>0,68<br>1,77<br>3,54 | Un buon occhio può vedere le stelle di . . . . . . . | 1.ª<br>2.ª<br>3.ª<br>4.ª |

FINE DEL PRIMO TOMO.
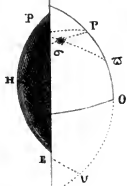
Fig. 1.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 7.
Fig. 10.
Fig. 9.
N 20 16 12 8 4 0 V
D 30 29 28 27 26 25 24 23 C
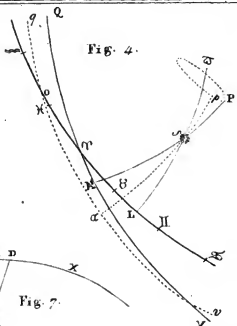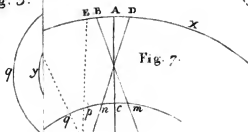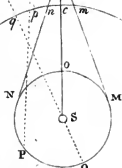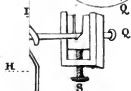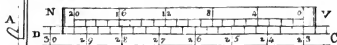
Fig. 11.
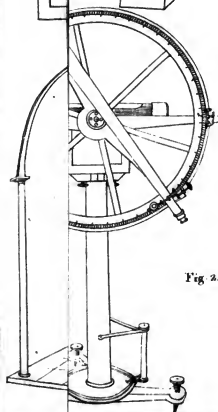
Fig. 16.
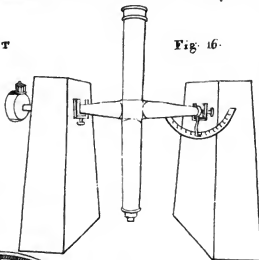
Fig. 20.
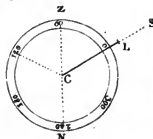
Fig. 21.
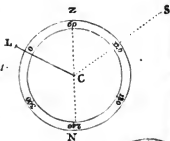
Fig. 25
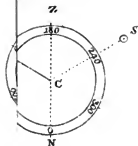
Fig. 26

Fig. 29

Fig. 30

Fig. 33

Fig. 36

TAV. IV.

Fig. 37.

Fig. 40.

Fig. 48.

ig. 47.

Fig. 49.

TAV. V.

Fig. 52.
E
Gennaro
Ottobre
Aprile
Gennaro
Luglio
Ottobre
M
Aprile
Luglio
L'
L
L''
Fig. 55.
G
P
q
M
m
t
T
N
n
a
A
r
R
C
H
h
p
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.
A
S
1760
1800
Nel
Ore